ANNALES
DE
L'AMÉLIORATION
DES
PLANTES

VOLUME 14
1964

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle - PARIS-7e

ANNALES
DE
L'AMÉLIORATION
DES
PLANTES

VOLUME 14 1964 NUMÉRO 1

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149. rue de Grenelle - PARIS-7e

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (1), 5-37

LA BIOLOGIE FLORALE DU CHOU FOURRAGER ; SES CONSÉQUENCES POUR LA SÉLECTION

G. du CRÉHU

Station d'Amélioration des Plantes, Centre de Recherches agronomique de l'Ouest, École nationale supérieure agronomique, Rennes (Ille-et-Vilaine)

SOMMAIRE

L'amélioration des méthodes de sélection actuellement pratiquées pour le Chou fourrager s'impose ; le choix de celles-ci dépend avant tout de la biologie florale de la plante, en particulier de son mode de fécondation. Le mémoire comprend donc deux parties :

— La première constitue une mise au point des connaissances sur la biologie florale de *Brassica oleracea L.* Celle-ci est dominée par le phénomène d'auto-incompatibilité, principal responsable de l'allogamie de la plante ; ses caractéristiques physiologiques et son déterminisme génétique sont présentés en détail à la lumière des travaux effectués surtout à l'étranger mais aussi à la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes. Ses conséquences sont très importantes pour la sélection, puisque son utilisation rationnelle peut conduire à la production de variétés 100 p. 100 hybrides.

— La deuxième partie est consacrée à l'analyse des méthodes de sélection applicables au Chou fourrager. Celles-ci sont réparties en deux groupes suivant qu'elles contrôlent ou non la pollinisation et, de ce fait, nécessitent ou non l'autofécondation plus ou moins prolongée du matériel de départ : cette distinction est, en pratique, très importante, à cause des effets de l'inbreeding.

Les premières, plus simples à pratiquer, sont la sélection massale, encore de beaucoup la plus employée, et la sélection maternelle, utilisée à Rennes, qui apporte des améliorations certaines. Les méthodes contrôlant la pollinisation, plus complexes et plus longues, sont aussi plus efficaces. Celle du croisement simple est citée pour son intérêt théorique ; celle du croisement double paraît devoir être économiquement utilisable ; aussi est-elle analysée en détail à l'aide des résultats déjà acquis avec le Maïs et des expériences en cours, à l'Etranger, pour le Chou fourrager. Enfin la création de variétés synthétiques est aussi envisagée ; cette méthode ne contrôle que partiellement la pollinisation mais sa réalisation matérielle peut être plus simple que celle de l'hybride double.

INTRODUCTION

Nous avons signalé dans un précédent mémoire (1957) l'intérêt exceptionnel, dans l'exploitation moderne orientée vers l'élevage, du Chou fourrager (*Brassica oleracea acephala* L.). Celui-ci nous apparaît notamment comme la seule espèce végé-

tale capable d'assurer pendant une longue période, y compris le plein hiver, une production abondante et continue de fourrage frais.

Il n'est donc pas étonnant que, sous l'impulsion de facteurs d'ordres technique et économique, la culture du Chou fourrager, traditionnelle dans les régions à hiver doux, tel l'ouest de la France — subisse une évolution très marquée.

On constate parallèlement :

— une extension du Chou fourrager à toutes les régions d'élevage intensif comme complément de la prairie,

— une tendance à la simplification des techniques de culture et d'exploitation (développement du semis dense en place, exploitation par pâturage rationné à la clôture électrique).

Ces deux grands facteurs provoquent un accroissement considérable des besoins en semences de qualité, c'est-à-dire correspondant à des types variétaux, définis homogènes, stables et bien adaptés aux différentes conditions de culture ; d'autre part leur prix de revient ne doit pas constituer un facteur limitant de leur emploi.

Il s'agit là d'un fait nouveau. Jusqu'alors, en effet, dans les régions de culture traditionnelle du Chou fourrager, la presque totalité des semences était produite sur l'expoitation ; le faible volume des transactions commerciales n'a donc guère incité les sélectionneurs à porter leurs efforts sur cette plante fourragère.

Certes l'amélioration des diverses sous-espèces de *Brassica oleracea* a déjà fait l'objet de recherches, tout particulièrement à l'étranger. Mais celles-ci ont été presque exclusivement consacrées, dans le passé, aux types potagers ; c'est seulement depuis une dizaine d'années qu'on trouve mention de travaux d'amélioration de chou fourrager.

Nous sommes toutefois obligés de constater qu'il n'existe pas actuellement de méthode bien établie de sélection. Il s'agit là pourtant d'un problème essentiel dont dépend tout programme d'amélioration. Contribuer à le résoudre en nous référant aux travaux effectués dans ce domaine tant à l'étranger qu'en France, à la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes, tel sera notre propos.

Comme pour toute espèce végétale, le choix des méthodes de sélection applicables au Chou fourrager dépend des caractéristiques de la plante en matière de biologie florale. C'est pourquoi l'étude qui va suivre sera divisée en deux parties : la première consistera en une mise au point de nos connaissances sur la *biologie florale* du *Chou fourrager*, la seconde sera plus spécialement consacrée *à l'analyse des méthodes de sélection* déjà utilisées ou susceptibles de l'être ([1]).

Première partie

BIOLOGIE FLORALE

L'amélioration du Chou fourrager, déterminée, comme pour les autres espèces cultivées par le mode de fécondation de la plante, est sans conteste dominée par le problème de l'auto-incomptabilité. Toutefois la connaissance de la structure florale,

([1]) Cette seconde partie sera publiée dans un prochain numéro des Annales.

des modes et conditions de floraison et de pollinisation, en un mot des autres éléments caractéristiques de sa biologie florale, ne s'en impose pas moins.

C'est pourquoi nous diviserons cette étude en deux sections d'ailleurs fort inégales :

— Les aspects généraux de la biologie florale ;

— Le phénomène de l'auto-incompatibilité.

I. — LES ASPECTS GÉNÉRAUX DE LA BIOLOGIE FLORALE

Les travaux de PEARSON (1932) complétés par l'étude cytologique de R. C. THOMPSON (1933) constituent un document fondamental en ce qui concerne la biologie florale du Chou en général (*Brassica oleracea* L.). De ce document et de nos propres observations sur Chou fourrager, nous extrairons les données essentielles concernant :

— La floraison et la fructification,

— Le développement de la fleur,

— La biologie des organes reproducteurs,

— La pollinisation.

A — FLORAISON ET FRUCTIFICATION

Deux caractéristiques retiendront notre attention : la longue durée de la floraison et l'abondance de la fructification.

1°) *Longue durée de la floraison.*

Un des traits les plus frappants de la floraison du Chou fourrager est sa grande durée. Celle-ci résulte :

— *De l'émission échelonnée* de multiples hampes florales, et, sur celles-ci de plusieurs inflorescences ;

— *De la structure des inflorescences.* Les grappes terminales de la majorité des hampes florales portent de 30 à 40 fleurs, ce nombre pouvant atteindre 80 à 100 sur celle de l'axe principal ;

— *De l'époque de la floraison.* Celle-ci s'effectue tôt au printemps (avril) à une époque où les températures moyennes sont encore peu élevées de (l'ordre de 10° à Rennes) et les minima nocturnes presque toujours bas. Or la température influe beaucoup sur la vitesse de réalisation des divers stades de la floraison.

Sur l'inflorescence, la floraison, qui progresse de la base vers le sommet, peut durer de 8 à 15 jours à raison de 2 à 5 fleurs par jour. Vitesse et durée de floraison, très variables avec les individus et sans corrélation évidente, dépendent aussi de la position et de la structure des inflorescences ; c'est ainsi que la vitesse de floraison des grappes terminales est toujours supérieure à celle des grappes axillaires sous-jacentes ; leurs courbes de floraison respectives peuvent en outre être décalées dans

le temps : un des cas les plus typiques rencontrés au cours de nos travaux est illustré sur le graphique ci-dessous établi à la suite d'observations de 4 inflorescences terminales et 8 inflorescences axillaires (fig. 1)

Sur la plante, la floraison peut se prolonger durant un mois, davantage même, si, comme le note PEARSON, on empêche la fructification des inflorescences déjà ouvertes en détachant celles-ci de la plante : cette pratique peut être utilisée en sélection pour croiser des individus de précocité trop différente ou plus souvent pour sauver du matériel pollinisé sans succès une première fois. On voit que, sans recourir à cette pratique, la durée de la floraison est suffisante pour assurer à peu près dans tous les cas une interpollinisation satisfaisante de tous les individus mis en présence.

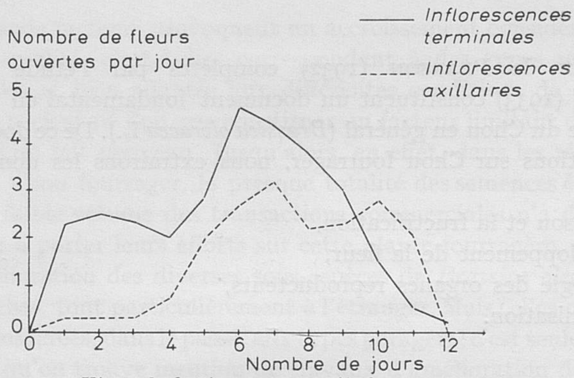


FIG. 1. — *Vitesse de floraison comparée d'inflorescences terminales et axillaires*

2°) *Abondance de la fructification.*

Le second trait caractéristique du Chou fourrager est l'abondance de sa fructification. Celle-ci résulte à la fois de la multiplicité des fleurs et de leur taux de fécondité. On évalue en effet à plusieurs milliers (3 000 à 5 000) le nombre total de fleurs susceptibles d'être portées par la plante en conditions très favorables de milieu ; d'autre part la structure des carpelles est telle que la fleur renferme souvent 20 à 30 ovules fonctionnels. En définitive, une plante de chou fourrager cultivée à grand écartement et développée en conditions favorables peut produire jusqu'à 500 grammes soit environ 100 000 graines, les résultats plus couramment observés se situant autour de 30 000 à 40 000 graines.

Le Chou fourrager se caractérise donc par un *coefficient de multiplication* extrêmement élevé au *niveau de la plante* et aussi, toutes proportions gardées, au *niveau de la fleur*. Ceci sera très important à considérer en sélection.

B. — DÉVELOPPEMENT DE LA FLEUR

Dans le développement progressif de la fleur, on peut distinguer les phases suivantes :

1°) *Différenciation des cellules initiales de fleur.*

Celle-ci se produit à la sortie de l'hiver, environ 25 à 30 jours avant leur ouverture, précise PEARSON.

2°) *Développement du bouton.*

L'allongement des grappes florales s'effectue parallèlement à la différenciation des boutons sur chacune d'elles dans les 5 à 6 jours précédent l'anthèse ; le bouton jusqu'alors bien vert vire progressivement au jaune.

3°) *Expansion des pétales.*

La fin du stade bouton jaune est marquée par l'écartement de la pointe des sépales, jusqu'alors bien soudés, sous la poussée des pétales et des étamines ; puis les pétales commencent à sortir ; ceux-ci se recouvrent les uns les autres. Les étamines dressées et soudées entre elles protègent en outre le stigmate qu'elles recouvrent complètement. Cette phase, qui dure 1 à 2 jours, coïncide avec les dernières étapes de la méiose.

4°) *Ouverture des fleurs.*

Le jour de l'anthèse, les pétales achèvent leur élongation, puis s'écartent et s'infléchissent pour donner à la fleur son aspect caractéristique.

L'ouverture des pétales est progressive ; elle reste incomplète pendant un certain temps, deux heures environ, les étamines étant toujours dressées contre le style ; celui-ci s'est allongé de façon très variable suivant les individus de sorte qu'à l'ouverture des pétales le niveau du stigmate n'est pas obligatoirement supérieur à celui de la pointe des anthères comme l'affirme PEARSON.

5°) *Déhiscence des anthères.*

La *déhiscence des anthères* suit avec un retard d'environ 2 heures, parfois davantage, l'ouverture des pétales ; elle s'effectue suivant deux fissures longitudimales partant du sommet et s'accompagne, du moins pour les quatre grandes étamines, d'un mouvement réflexe dirigé vers l'arrière : les étamines se recourbent donc vers l'extérieur. Ce phénomène, considéré comme le principal obstacle à l'autopollinisation de la fleur, joue d'autant plus son rôle que le stigmate dépasse davantage les anthères.

Selon PEARSON (1932) les différentes phases de l'anthèse suivent un horaire précis que nous n'avons pu confirmer. L'ouverture des fleurs nous est apparue s'effectuer comme les phases antérieures, progressivement, aux cours de la matinée voire même jusqu'au début de l'après-midi.

6°) *Dernières phases.*

La fleur se referme la nuit et s'ouvre à nouveau le lendemain. Les étamines se vident et commencent à se dessécher.

Le troisième jour après l'anthèse, les anthères à peu près vides noircissent et les pétales pâlissent : la fleur commence à se faner.

C. — BIOLOGIE DES ORGANES DE REPRODUCTION

Trois points ont retenu notre attention :
— formation des gamètes,
— longévité du pollen,
— réceptivité du stigmate.

1°) *Formation des gamètes.*

La méiose pollinique s'effectue la première chez le jeune bouton (bouton de 1,6 à 1,8 mm précise PEARSON (1933)) et la dernière division un jour avant l'ouverture de la fleur.

La division réductrice du sac embryonnaire a lieu seulement au stade bouton de 5 mm précise encore PEARSON, et R. C. THOMPSON (1933) ajoute qu'à ce moment le pollen est déjà au stade tétrade bien développé ; mais les divisions ultérieures s'effectuent rapidement et l'organisation du sac est complète quand la fleur s'ouvre. *Les gamètes ♂ et ♀ sont donc alors fonctionnels, mais l'émission du pollen n'est pas immédiate, alors que le stigmate est déjà réceptif.*

2°) *Germination et longévité du pollen.*

Germination et longévité du pollen sont fortement influencées par la température ainsi que le montrent les expériences décrites par PEARSON (1932). Le *pollen germe* à peu près normalement entre 8° et 30° C, la température optimale — 15 à 20°C — est atteinte tout au plus durant quelques heures en conditions naturelles.

Quant à la *longévité du pollen,* celle-ci dépend en outre du milieu de conservation des fleurs. Les résultats obtenus par PEARSON sont résumés dans le tableau 1.

TABLEAU 1

Longévité du pollen (d'après PEARSON)

Milieu	Température	Durée d'activité du pollen (en jours)		
		Très bonne	Faible	Total
Laboratoire	4°C	3	2	5
	11°C	6	2	8
	20 à 35°C	2	0 à 2	2 à 4
Serre froide		2	3	5
Plein air		3 à 4	1	4 à 5

3°) *Réceptivité du stigmate.*

D'après PEARSON (1932) la phase de réceptivité du stigmate commence environ 5 jours avant l'ouverture de la fleur et prend fin quatre jours après celle-ci ; pratiquement donc, le stigmate est réceptif depuis la fin du stade bouton vert jusqu'aux dernières phases de la floraison. C'est *la précocité de réceptivité du stigmate,* plus encore que sa longue durée (9 jours) qui doit être soulignée.

D. — POLLINISATION

La pollinisation est entomophile, l'action du vent étant peu efficace sur le pollen « lourd » des *Brassica.* Abeilles et bourdons en sont, sous nos climats, les principaux agents. Ceux-ci sont attirés par la *vive coloration et la grande taille des fleurs et*

par le parfum qui émane des *nectaires*. Ces derniers jouent un *rôle prépondérant* dans la pollinisation par suite de leur insertion profonde à la base des quatre grandes étamines. BATEMAN (1955) estime que dans la famille des Crucifères, les espèces les plus allogames sont celles dont les fleurs sont les plus attirantes.

E. — BIOLOGIE FLORALE ET MODE DE FÉCONDATION

Comme le note R. C. THOMPSON (1933), la structure florale chez *Brassica oleracea* offre la possibilité d'autopollinisation aussi bien que de pollinisation croisée. Cependant il existe un ensemble de facteurs favorables à cette dernière :

— Déhiscence des anthères postérieure à l'ouverture de la fleur alors que le stigmate est, depuis longtemps déjà, réceptif ; la cléistogamie est dès lors impossible ;

— Mouvement réflexe des étamines lors de la déhiscence des anthères ;

— Enfin rôle prépondérant des insectes pollinisateurs qui saupoudrent le stigmate d'un mélange de pollen. Celui-ci renferme normalement, il est vrai, de l'auto- et de l'allopollen.

Le facteur déterminant du mode de fécondation n'est en définitive ni d'ordre structural, ni mécanique, il réside dans les relations de compatibilité entre pollen et style.

II. — L'AUTO-INCOMPATIBILITÉ

L'allogamie, mode de fécondation normal chez *Brassica oleracea* résulte du phénomène d'auto-incompatibilité. Celui-ci se caractérise par l'inaptitude du pollen fonctionnel à féconder un ovule également viable du même individu.

Ce facteur revêt une importance primordiale pour l'amélioration du Chou fourrager. Nous nous proposons en conséquence d'en étudier le mode d'action, le mécanisme biologique et le déterminisme génétique.

A. — ÉTUDE DESCRIPTIVE DE L'AUTO-INCOMPATIBILITÉ

Avant de présenter le résultat de nos propres recherches sur ce sujet, nous signalerons en premier lieu les principaux travaux de chercheurs étrangers qui ont abordé le même problème, avant nous, sur d'autres variétés de *Brassica oleracea*.

1°) PRINCIPAUX TRAVAUX ÉTRANGERS

Ceux-ci sont dans l'ordre chronologique ceux de ROEMER, PEARSON, ATTIA et MUNGER.

a) ROEMER (1916) est, à notre connaissance le premier auteur à avoir mis en évidence le phénomène d'auto-incompatibilité chez *Brassica oleracea* et en avoir indiqué les deux traits essentiels.

— *A l'anthèse*, taux de croisement très élevé lorsqu'on applique sur le stigmate un mélange d'auto et d'allopollen, comme peuvent le faire les insectes pollinisateurs.

— *Evolution de l'autocompatibilité chez le bouton*. Bonne auto-fertilité possible

si l'autopollen est apporté 1 à 2 jours avant l'anthèse, la pollinisation à ce stade étant facilitée par la réceptivité précoce du stigmate.

b) PEARSON (1929 et 1932) a montré le parti qu'on pouvait tirer des travaux de ROEMER pour l'obtention de lignées « inbred » constituées d'individus uniformément (ou presque) auto-incompatibles ; celles-ci seraient obtenues en répétant à chaque génération la pollinisation de boutons chez les individus testés pour leur autostérilité. Les résultats qu'il a enregistrés pour 22 plantes (sur 24) d'une lignée I_3 obtenue par cette méthode sont particulièrement suggestifs. Nous les résumons dans le tableau ci-après.

TABLEAU 2

Autofertilité comparée des fleurs et des boutons sur une lignée I_3 de B. oleracea capitata L. (d'après PEARSON)

	Fleur		Bouton	
	% fleurs fertiles	Nbre graines par silique	% fleurs fertiles	Nbre graines par silique
Minimum	0	0	58	7,7
Maximum	8,0	2,0	100	17,5
Moyenne	3,3	1,24	76,9	11,97

c) ATTIA et MUNGER (1950) reprenant l'étude de l'auto-incompatibilité par le biais de la détermination du taux de croisement nous apportent une information intéressante sur deux points :

1 — *Évolution de l'auto-incompatibilité* en fonction du stade de pollinisation. L'auto-incompatibilité atteint son maximum à l'anthèse ; elle ne se développerait qu'au cours des 2 derniers jours précédant celle-ci à 15-20°C et serait nulle chez le bouton plus jeune (50 p. 100 de croisement après apport d'un mélange d'auto et d'allopollen).

2 — *Influence de la température.* — La comparaison entre deux températures (10-15°C et 15-20°C) montre que les *températures les plus basses*

augmentent à la fois le taux de croisement à l'anthèse et le délai nécessaire entre pollinisation et anthèse pour obtenir 50 p. 100 de croisement (3 jours au lieu de 2) ;

favorisent donc la manifestation de l'auto-incompatibilité

D'après ATTIA et MUNGER (1950) la température agirait sur le rythme de développement du bouton (les basses températures la ralentissant) sans modifier celui de l'inhibition. Ces auteurs en concluent que les tests de compatibilité, pour présenter toute sécurité, devraient être conduits à des températures supérieures ou au moins égales à celles de la floraison au champ.

2° CARACTÈRES PROPRES DE NOS RECHERCHES

Les travaux qui viennent d'être évoqués nous ont suggéré l'intérêt éventuel d'une *étude de synthèse* sur *Brassica oleracea acephala* L des divers aspects du problème de l'auto-incompatibilité : autostérilité et allogamie.

L'originalité de notre travail réside, d'une part, dans le *choix des individus* à l'intérieur de l'espèce végétale : il s''agit de plantes prises au hasard dans les populations, sans aucun test préalable ; d'autre part dans les *conditions expérimentales* : ce sont celles du milieu naturel ; toutes nos expériences ont été conduites au champ.

3°) MÉTHODE DE TRAVAIL

La méthode de travail s'inspire des travaux de PEARSON (1929 et 1932) et d'ATTIA et MUNGER (1950) :

— *L'étude directe de l'auto-incompatibilité* repose sur l'auto-pollinisation de fleurs et de boutons d'âge variable.

— *Celle de l'allogamie*, sur la pollinisation de fleurs et de boutons avec un mélange d'auto et d'allopollen. L'expérience étant conduite sur des choux « verts », l'allopollen est prélevé sur une variété « rouge » (en l'occurence le *Caulet de Flandres*) ; la dominance, incomplète d'ailleurs, du rouge sur le vert permet une détection facile et précoce des hybrides dans la descendance ; nous utilisons donc la couleur rouge comme marqueur, de même que les auteurs déjà cités.

Tests d'auto-incompatibilité et tests d'allogamie sont conduits simultanément sur l'ensemble du matériel dans des conditions expérimentales identiques. L'application de ce principe nous a contraint à limiter l'importance de celui-ci.

L'expérience a porté sur huit plantes et s'est déroulée du 24 avril au 4 mai 1956.

L'analyse détaillée des opérations effectuées se présente comme suit :

a) *Préparation de l'expérience* (avant début floraison)

Choix de six hampes florales d'importance et de précocité comparables, situées dans la partie moyenne de la plante.

L'une d'entre elles reste à l'air libre ; elle est donc exposée à la pollinisation entomophile normale *pollinisation libre* (FL).

Les cinq autres sont isolées sous des sachets de papier parcheminés ; elles seront soumises respectivement à l'un des cinq traitements suivants :

1°) *Isolement sans intervention* (1). Les inflorescences ainsi isolées ne subiront aucune manipulation avant l'enlèvement du sachet une fois la floraison terminée.

2°) *Autopollinisation simultanée de tous les boutons* « manipulables » de l'inflorescence (BA) ; on pollinisera donc en même temps des boutons de tous âges, les plus avancés étant évidemment situés à la base.

3°) *Pollinisation simultanée de tous les boutons* manipulables, mais cette fois avec un *mélange d'autopollen et d'allopollen* marqueur, compatible (BX).

4°) *Autopollinisation des fleurs à l'anthèse* (FA). Cette opération sera effectuée une seule fois pour chaque fleur, le jour de son épanouissement ; elle portera donc au jour 1 de l'expérience sur les fleurs les plus basses de la grappe et gagnera progressivement le sommet de celle-ci jusqu'à ouverture des derniers boutons.

5°) *Pollinisation des fleurs à l'anthèse avec mélange d'autopollen et d'allopollen* marqueur compatible.

On dispose donc d'un matériel en tous points comparables pour chacun des traitements.

On isole en outre d'autres hampes florales, les unes sur chaque plante étudiée et les autres sur le porteur du facteur marqueur *(Caulet de Flandres)* pour assurer la fourniture des deux sortes de pollen.

b) *Pollinisation.*

On procède tout d'abord à la préparation du pollen. Celui-ci est prélevé sur des fleurs fraîches cueillies après dix heures du matin et dont on ne conserve que les étamines. Ces dernières sont placées pendant deux heures dans un tube en verre dont la base est garnie de chlorure de calcium destiné à favoriser la déhiscence des anthères.

Les pollinisations sont pratiquées au début de l'après-midi.

La pollinisation des boutons s'effectue en une seule fois la veille (présumée) du début de floraison de la grappe ; les stigmates ont été découverts au préalable. Celle des fleurs a lieu chaque jour au fur et à mesure de leur ouverture.

c) *Enregistrement de la floraison.*

Cet enregistrement a lieu chaque jour pour toutes les hampes florales traitées. Une fois la floraison terminée et tous risques de pollinisation accidentelle écartés, les sachets d'isolement sont enlevés.

d) *Récolte et égrenage.*

Les six hampes florales sont récoltées avec précaution avant complète maturité puis égrenées silique par silique ; ceci permettra, compte tenu des relevés journaliers de floraison, de suivre l'évolution de la fertilité des fleurs.

e) *Test d'allogamie.*

Ce test est conduit sur les graines issues de pollinisation mixte de fleurs (FX) et de boutons (BX) en appliquant avec quelques modifications la méthode utilisée par ATTIA et MUNGER (1950). Nous les faisons germer sur sable à l'étuve, puis transportons les bacs sitôt l'apparition des cotylédons dans une armoire de bois ; au plafond de celle-ci, soit à 0,60 m au-dessus des bacs, est fixée une lampe à fluorescence (type H. P. R.) de 125 watts développant une intensité lumineuse de 1.666 lumens par mètre carré. Ce genre d'éclairement a pour but d'éviter l'apparition de coloration rouge « accidentelle ». Les plantules sont examinées dès que les colorations sont bien différenciées et stables, soit en général au bout de cinq à six jours.

4°) RÉSULTATS

L'analyse des résultats, présentée maintenant, portera sur les points suivants :

— Influence du mode et du stade de pollinisation sur la fertilité de la fleur.

— Expression de l'auto-incompatibilité.

— Evolution de l'auto-incompatibilité au cours du développement de la fleur.

— Fluctuation de l'auto-incompatibilité.

a) *Influence du mode et du stade de pollinisation sur la fertilité de la fleur*

La réaction respective des huit plantes aux différents traitements apparaît dans le tableau ci-dessous. Cette réaction est mesurée globalement par le *nombre moyen de graines par fleur* obtenu dans chaque cas (première partie du tableau) ; cette

TABLEAU 3

Influence du mode et du stade de pollinisation sur la fertilité des fleurs

1 — Nombre moyen de graines par fleur

Plantes ↓ / Traitements →	I	FA	FX	FL	BA	BX
1	0,00	0,65	17,80	28,55	9,50	16,40
2	0,14	0,83	7,64	12,71	2,22	9,00
3	0,28	1,90	15,15	17,75	2,90	3,80
4	0,35	3,11	18,07	15,41	7,49	12,09
5	0,50	3,50	19,80	13,60	7,70	13,00
6	0,60	4,59	22,70	24,00	4,78	9,42
7	0,40	2,22	4,52	7,70	2,93	4,78
$\bar{x}$	0,32	2,40	15,10	17,10	5,50	9,78
8	0,84	17,70	21,38	21,55	9,84	15,12

II — p. 100 Fleurs fécondées (siliques non stériles)

Plantes ↓ / Traitements →	I	FA	FX	FL	BA	BX
1	0,0	12,3	88,7	93,0	65,5	89,7
2	3,3	34,7	66,0	81,0	36,4	55,0
3	6,5	57,5	95,6	88,9	77,4	52,2
4	12,8	61,1	91,7	82,1	54,4	70,7
5	22,2	50,0	94,8	73,5	85,0	73,5
6	21,5	64,1	95,0	95,5	73,0	89,7
7	12,5	55,1	84,5	87,7	68,5	81,1
$\bar{x}$	11,3	47,8	88,0	86,0	65,7	73,1
8	24,0	78,3	100,0	80,0	66,0	78,0

Nota : I : Isolement sans intervention.
FA : Autopollinisation à l'anthèse.
FX : Pollinisation avec auto + allo-pollen à l'anthèse.
FL : Interpollinisation libre.
BA : Autopollinisation simultanée de tous les boutons de l'inflorescence.
BX : Pollinisation simultanée — avec auto + allopollen — de tous les boutons de l'inflorescence.

méthode sera seule conservée dans la suite de cette étude. Le nombre de graines par fleur traduit en réalité l'interaction de deux facteurs élémentaires : *pourcentage de fleurs fécondées* et nombre *de graines par silique* ; c'est pourquoi nous faisons figurer également l'un de ceux-ci, en l'occurence le plus suggestif, *le pourcentage de fleurs fécondées* (tableau 3).

Le premier examen de ce tableau fait ressortir le comportement exceptionnel de la plante n° 8 type même d'individu autofertile ; aussi son cas a-t-il été disjoint. Quant aux sept autres plantes, dont l'auto-incompatibilité est à priori marquée à des degrés divers, elles présentent vis-à-vis des différents traitements des réactions nuancées certes, mais suffisamment comparables pour donner lieu à une étude d'ensemble.

1) *Isolement sans intervention mécanique* (I)

L'autogamie au sens strict au terme (fécondation d'une fleur par son propre pollen) est très rare chez le Chou fourrager. On observe surtout beaucoup moins de fleurs fécondées qu'après autopollinisation à l'anthèse (11,3 contre 47,8) ceci semble confirmer l'existence d'obstacles naturels à l'autopollinisation, et par conséquent l'inutilité de la castration en hybridation. *Le simple isolement de plantes ou de hampes florales ne saurait servir à tester l'auto-incompatibilité.*

2) *Pollinisations à l'anthèse.*

Autopollinisation (FA). — *Le nombre moyen de graines par fleur* exprime *l'auto-fertilité* intrinsèque de l'ensemble des fleurs de l'inflorescence, et par extension de l'individu. On observe, au moins pour les types extrêmes, une relation évidente

entre sa valeur et le pourcentage de fleurs fécondées ; celui-ci donne donc une précieuse indication sur l'intensité de l'inhibition.

Le remplissage des siliques joue lui aussi un rôle important ; mais sa valeur moyenne, toujours assez faible (sauf chez la plante auto-fertile), nous apparaît moins significative que ses fluctuations. Beaucoup de siliques, en effet, chez les plantes plus ou moins auto-incompatibles, considérées comme « fertiles », ne contiennent qu'un ou deux grains, toujours à proximité de l'apex, issus de la fécondation des ovules supérieurs les plus accessibles aux tubes polliniques ; ce fait couramment constaté dans toutes les expériences similaires témoigne d'une forte inhibition des tissus conducteurs pour l'autopollen.

Pollinisations compatibles (FX et FL). — Les résultats des pollinisations compatibles caractéristiques de la plante normalement fécondée montrent l'existence de variations très larges entre individus.

La bonne concordance entre pollinisation entomophile (FL) et pollinisation contrôlée (FX) témoigne de la validité de l'expérience. L'écart moyen entre les deux traitements est faible et non significatif quelque soit le facteur considéré, mais les écarts individuels présentent parfois une amplitude assez notable. On conçoit que, sur un plan très général, les conditions expérimentales puissent favoriser plus ou moins l'un ou l'autre mode de pollinisation.

3) *Pollinisation de boutons* (BA et BX).

Les chiffres portés sur le tableau expriment les résultats moyens de la pollinisation simultanée de tous les boutons manipulables de l'inflorescence.

Quelque soit le type de pollinisation (BA ou BX), le *pourcentage* de *fleurs fécondées* est du *même ordre* pour l'ensemble des plantes ; il est par ailleurs intermédiaire entre ceux des pollinisations compatibles et incompatibles à l'anthèse.

L'infériorité de la pollinisation de boutons par rapport à celle des fleurs avec pollen compatible était prévisible puisqu'une fraction d'entre eux est pollinisée à un stade très jeune.

L'autofertilité des boutons, très variable suivant les individus, ne présente pas de corrélation avec celle des fleurs ; en effet les deux plantes les plus autofertiles en pollinisation de boutons, correspondent aux deux types extrêmes d'autocompatibilité à l'anthèse.

Dans tous les cas l'*autopollen s'avère nettement moins efficace* que le mélange auto et allopollen, par suite surtout d'une moindre fertilité des siliques ; ainsi l'autopollinisation, généralement plus féconde chez le bouton que chez la fleur, ne semble permettre à aucun stade la pleine réalisation de potentiel de fertilité.

b) *Expression de l'auto-incompatibilité.*

Les résultats complets des pollinisations à l'anthèse, y compris ceux des tests d'allogamie correspondants, nous ont servi à dresser le tableau ci-dessous (tableau 4).

Sur ce tableau sont mis en parallèle les deux modes d'expression classiques de l'auto-incompatibilité : autostérilité et taux de croisement, celui-ci étant représenté dans notre étude par son inverse, le taux d'autofécondation, dans le cas d'un mélange d'auto et d'allopollen.

1) *Autostérilité.*

Le classement des plantes, comme dans le tableau précédent, a été effectué d'après le degré d'autostérilité exprimé, non en valeur absolue, mais par rapport aux résultats des pollinisations compatibles correspondantes. Les écarts entre les deux types de pollinisations compatibles (FX et FL) sont surtout sensibles pour les plantes 2 et 7.

TABLEAU 4

Auto-incompatibilité et allogamie à l'anthèse

Plante →	Test de Fertilité					Test d'allogamie	
	Nombre moyen de graines par fleur						
	Valeur absolue			Rapport %		% Autofécondation	Autofertilité FA′
Traitements ↓	FA	FX	Fl	FA/Fl	FA/FX		
1.	0,7	17,8	28,6	2,4	3,7	2,0	0,36
2.	0,8	7,6	12,7	6,5	10,9	4,7	0,36
3.	1,9	15,2	17,8	10,7	12,5	6,3	0,95
4.	3,1	18,1	15,4	20,2	17,2	5,1	0,92
5.	3,5	19,8	13,6	25,7	17,7	7,0	1,39
6.	4,6	22,7	24,0	19,1	20,2	15,0	3,40
7.	2,2	4,5	7,7	28,8	49,1	19,2	0,87
$\bar{x}$	2,4	15,1	17,1	16,0	14,2	8,2	1,24
8.	17,7	21,4	21,6	82,1	82,8	49,5	10,59

L'expression de l'auto-incompatibilité en fonction des pollinisations compatibles ne perturbe ici le classement en valeur absolue que pour la plante 7 dont les inflorescences, très ramifiées, produisent des siliques normalement courtes et peu fournies en graines ; mais assez fréquemment elle modifie dans un sens ou dans l'autre (plantes 2 et 5) le degré d'auto-incompatibilité exprimé par les seuls résultats de l'auto-pollinisation.

2) *Allogamie.*

Les résultats fournis par le test d'allogamie sont présentés dans la partie droite du tableau. Nous avons fait figurer comparativement :

— le taux d'autofécondation après pollinisation mixte. (FX).

— le nombre moyen de graines par fleur résultant d'auto-fécondation (FA') obtenu dans ce cas. Il correspond à la relation suivante :

Autofertilité FA' = Fertilité totale FX × Taux d'autofécondation.

Ainsi pour la plante n° 1, le nombre de graines par fleur en FX est 17,8, le taux d'autofécondation 2,0 p. 100. On en déduit qu'une fleur a produit en moyenne après pollinisation mixte 17,8 × 2,0 = 0,36 graines autofécondées.

Le test d'allogamie confirme les résultats du test direct d'auto-incompatibilité dans la mesure surtout où ceux-ci sont exprimés en fonction des pollinisations compatibles correspondantes ; c'est le cas notamment de la plante 7.

Il semble toutefois moins précis que le test de fertilité dans les cas intermédiaires.

D'autre part il tend, de façon très constante, à surestimer l'auto-incompatibilité intrinsèque de l'individu. En effet, la comparaison entre FA et FA' montre que le nombre d'ovules fécondés par l'autopollen apporté en mélange avec l'allopollen est toujours moins élevé que lorsqu'il est apporté seul : ceci est la conséquence de la compétition entre autopollen plus ou moins incompatible et allopollen compatible dans leur « course vers l'ovule ». Ce fait est surtout frappant chez les plantes dont l'auto-incompatibilité, bien que très marquée, est loin d'être absolue (plantes 3-4-5). K. F. THOMPSON (1956) qui, lui aussi, a constaté ce fait, en déduit que des individus de ce genre peuvent être considérés en sélection comme auto-incompatibles puisqu'ils se comportent comme tels.

Nous conclurons à l'*intérêt certain du test d'allogamie comme élément d'information complémentaire* dans les cas litigieux, mais il constitue *un critère moins rigoureux que le test direct d'autofertilité* auquel il ne saurait se substituer sans risques.

Quant à ce dernier, il semble plus rationnel de l'exprimer en fonction de pollinisations compatibles correspondantes. A défaut de tests précis, une référence à la fertilité des siliques en fécondation libre peut constituer une mesure simple, approximative certes, mais néanmoins assez précise pour offrir de sérieuses garanties.

c) *Évolution de l'auto-incompatibilité au cours du développement de la fleur*

Les relevés journaliers des floraisons sur les inflorescences pollinisées au stade bouton, l'égrenage séparé des siliques récoltées, enfin les tests d'allogamie correspondants, nous permettent de tracer l'évolution de l'incompatibilité au cours du développement de la fleur. Nous la traduirons, en premier lieu, au moyen d'un tableau (tabl. 5), pour l'ensemble des 7 plantes retenues qui, malgré leur auto-incompatibilité plus ou moins prononcée, se sont comportées de façon suffisamment comparable pour être réunies.

Le tableau 5 présente les mêmes éléments que le précédent — abstraction faite du traitement pollinisation libre (FL).

Les données figurant sur le tableau ont servi à dresser les deux graphiques ci-après (fig. 2 et 3).

Les trois courbes de la figure 2 traduisent respectivement l'évolution :

— de la fertilité après pollinisation mixte (auto + allopollen) ou interfertilité : *Courbe X*.

— de l'autofertilité intrinsèque : *Courbe A*.

— de l'autofertilité observée en cas de pollinisation mixte : *Courbe A'*.

Quant aux deux courbes construites sur la figure 3, elles figurent respectivement l'évolution :

— du taux d'autofécondation après pollinisation mixte : *Courbe A'/X*.

— de l'autofertilité intrinsèque exprimée en p. 100 de la fertilité en cas de pollinisation mixte : *Courbe A'/X*.

TABLEAU 5

Évolution de l'auto-incompatibilité

Age du bouton au moment de la pollinisation (en jours) précédant l'anthèse)	Test de fertilité: Nbre de graines par fleur A	X	Rapport A/X	Classe (P = 0,05)	Test d'allogamie: % Autofécondation	Classe (P = 0,05)	Fertilité FA'
0	*2,40*	*15,30*	*15,7*	1	*8,5*	1	*1,30*
— 1	4,00	13,65	29,3	2	8,5		1,16
— 2	4,30	15,05	28,6		15,4	2	2,32
— 3	8,33	15,70	53,1		21,5	3	3,37
— 4	7,06	15,75	44,8	3	27,2	4	4,29
— 5	7,00	11,80	59,3		34,0	5	3,91
— 6	6,30	12,10	52,1		46,2		6,05
— 7	5,30	7,90	67,0		47,7	6	3,76
— 8	3,00	3,93	76,9	4	47,8		2,51
— 9	2,20	3,00	73,3		50,6		1,55

Nota : A = Autopollinisation.
X = Pollinisation avec auto + allopollen (pollinisation mixte).
Fertilité A' = Nombre de graines issues d'autofécondation quand l'auto -pollen est apporté en mélange avec le pollen étranger.

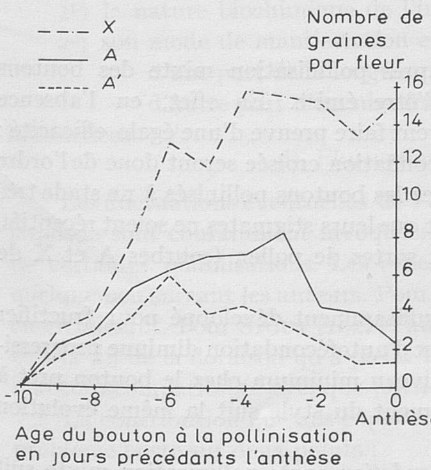


FIG. 2. — *Évolution de l'auto- et de l'interfertilité au cours du développement de la fleur*

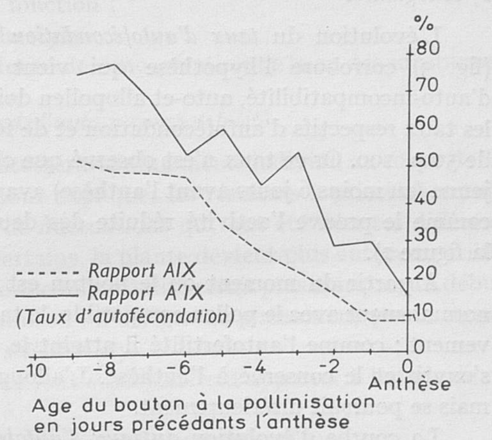


FIG. 3. — *Evolution du rapport auto-interfertilité* (A/X) *et du taux d'autofécondation après pollinisation mixte* (A'/X)

Comme dans le cas des pollinisations à l'anthèse, nous envisagerons successivement les deux aspects du phénomène d'auto-incompatibilité : autofertilité et allogamie

1) *Autofertilité.*

L'examen de la figure 2 nous montre que, *quelle que soit l'origine du pollen*, la fertilité est nulle chez les boutons du sommet de la grappe insuffisamment développés au moment de leur pollinisation ; elle croît ensuite progressivement au fur et à mesure que l'âge de ceux-ci s'éloigne davantage du stade limite de concordance entre longévité du pollen (4 à 5 jours après son application) et réceptivité du stigmate (4 à 5 jours avant anthèse).

La *courbe d'interfertilité* (courbe X) conserve ensuite jusqu'à l'anthèse le niveau maximum atteint 4 jours avant celle-ci, mais il en est tout autrement de *la courbe d'autofertilité* qui présente une « chute » brutale au cours des 3 derniers jours précédant l'anthèse.

L'auto-incompatibilité est maximale à l'anthèse. Nous ne faisons là que confirmer un fait admis par tous les auteurs ; mais dans le cas présent elle est déjà très marquée deux jours avant celle-ci, c'est-à-dire à partir du moment où les pétales amorcent leur expansion.

De la comparaison des courbes d'*autofertilité* (A) et *d'interfertilité* (X), nous retiendrons surtout l'écart très accusé que celles-ci présentent à partir du moment où les pollinisations compatibles se traduisent par une fertilité normale. Ce phénomène est exprimé de façon plus marquante par la *courbe A'/X* de la figure 3. Malgré l'irrégularité de sa forme, elle montre que l'autofertilité relative, c'est-à-dire exprimée en p. 100 de l'interfertilité, tend à diminuer progressivement au fur et à mesure que le stade de pollinisation est plus proche de l'anthèse.

Cet ensemble de données s'accorde avec l'hypothèse d'*une manifestation relativement précoce* de l'auto-incompatibilité chez le bouton et de l'accroissement, plus ou moins régulier, par la suite de son intensité.

2) *Allogamie.*

L'évolution du *taux d'autofécondation* après pollinisation mixte des boutons (fig. 3) corrobore l'hypothèse qui vient d'être émise. En effet, en l'absence d'auto-incompatibilité, auto-et allopollen doivent faire preuve d'une égale efficacité : les taux respectifs d'autofécondation et de fécondation croisée seront donc de l'ordre de 50 p. 100. Or ce taux n'est observé que chez les boutons pollinisés à un stade très jeune (au moins 6 jours avant l'anthèse) avant que leurs stigmates ne soient réceptifs, comme le prouve l'activité réduite des deux sortes de pollen (courbes A et X de la figure 2).

A partir du moment où le bouton est suffisamment développé pour fructifier normalement avec le pollen compatible, le taux d'autofécondation diminue progressivement ; comme l'autofertilité il atteint le niveau minimum chez le bouton prêt à s'ouvrir et le conserve à l'anthèse. L'allongement du style suit la même évolution mais se poursuit ultérieurement.

La courbe d'évolution du *taux d'autofécondation* après pollinisation mixte suit dans ses grandes lignes celle de l'*autofertilité intrinsèque* exprimée en p. 100 de la fertilité en cas de pollinisation mixte (courbe A/X).

Nous retiendrons surtout le *décalage entre les deux courbes* en question : sa signification est exprimée par la *courbe d'autofertilité A'* de la figure 2. Celle-ci traduit l'évolution du nombre moyen de graines par fleur issues d'autofécondation lorsque

l'autopollen est apporté en mélange avec le pollen étranger compatible, d'après la relation :

Fertilité A′ = Fertilité X × taux d'autofécondation.

La courbe A′ est, elle aussi, très nettement décalée par rapport à la courbe d'autofertilité intrinsèque (courbe A) à partir du moment où l'inhibition s'exerce vis-à-vis de l'autopollen : la concurrence de l'allopollen compatible s'exerce donc au détriment de l'autopollen avec une *intensité croissante* indépendante des fluctuations propres de l'autofertilité, à *mesure que le stade de pollinisation du bouton tend vers celui où l'auto-incompatibilité est maximum.*

L'ensemble des résultats qui viennent d'être commentés nous conduit à penser que l'*auto-incompatibilité se manifeste précocement chez le bouton* : son intensité s'accroît ensuite, surtout au cours des dernières phases du développement de la fleur. Cette évolution progressive est particulièrement nette lorsque l'autopollen est apporté en mélange avec le pollen étranger compatible ; celui-ci grâce au jeu de la concurrence, réduit dans une proportion notable le nombre de graines autofécondées obtenu au même stade lorsque l'autopollen est seul en cause.

Nous pensons que ces résultats obtenus dans le milieu naturel peuvent en conséquence directement s'appliquer à l'amélioration du Chou fourrager dans ses conditions normales de culture. Quelles que soient les divergences de détail avec ceux obtenus en serre, ils confirment en tout état de cause la conclusion essentielle de ceux-ci : il est possible d'obtenir à la fois sur l'individu auto-incompatible une production satisfaisante de graines autofécondées par autopollinisation de boutons et un taux de croisement voisin de 100 p. 100 par la pollinisation entomophile.

D'un point de vue purement spéculatif, une hypothèse de travail concernant le mécanisme même de l'auto-incompatibilité pollinique peut être dégagée, notamment sur deux points :

1°) la nature biochimique de l'inhibition de l'autopollen,

2°) son mode de manifestation en fonction :

— d'une part de la longueur du style

— d'autre part d'un niveau limite de concentration de la ou des substances inhibitrices.

d) *Fluctuations de l'auto-incompatibilité*

Les fluctuations éventuelles de l'autostérilité d'un même individu au cours de la floraison sont couramment invoquées pour expliquer les résultats à priori aberrants de certaines pollinisations. Les types de fluctuations qui ont été décrites diffèrent quelque peu suivant les auteurs. Pour certains, la plante devient plus autocompatible en vieillissant. Pour Stout (1922) l'auto-incompatibilité serait plus marquée au début et à la fin de la floraison qu'à pleine floraison ; il désigne ce phénomène par le terme d'auto-incompatibilité cyclique (*cyclic self-sterility*).

La contribution que nos expériences sont susceptibles d'apporter à l'étude de ce problème porte sur deux points :

— l'influence de la position de la fleur sur l'inflorescence.

— et celle de la position de l'inflorescence sur la hampe florale.

1) *Influence de la position de la fleur sur l'inflorescence.*

L'autostérilité à l'anthèse a été appréciée jusqu'ici à l'aide du résultat global des pollinisations effectuées à ce stade sur toutes les fleurs de l'inflorescence. Les relevés

journaliers de floraison nous permettent de juger de ses fluctuations éventuelles durant cette phase.

Sur la figure 4 ci-dessous sont construites les courbes FA et FX qui traduisent l'évolution de l'auto (FA) et de l'interfertilité (FX) en fonction des deux facteurs combinés : date de floraison et position de la fleur sur la grappe.

Nous y avons ajouté la courbe concernant la vitesse de floraison exprimée en nombre de fleurs par jour.

Enfin sur la figure 5 sont portées les températures moyennes à 2 m sous abri enregistrées au cours de l'expérience.

Un très grand écart sépare constamment les courbes FA et FX du graphique 4, mais leur forme n'est pas sans présenter quelque analogie en particulier au début et à la fin de la floraison : on constate donc une évolution, dans le même sens, de l'auto- et de l'interfertilité des fleurs en fonction de leur position sur l'inflorescence, notamment une diminution de celles-ci vers le sommet, diminution surtout notable pour l'autofertilité.

Il est assez remarquable, en outre, que l'évolution de la fertilité suit dans ses grandes lignes l'évolution de la vitesse de floraison.

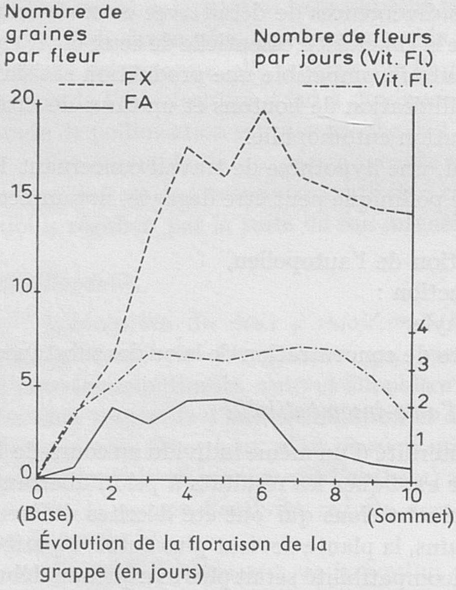


FIG. 4. — *Fluctuation de l'auto- et de l'interfertilité des fleurs et de la vitesse de floraison*

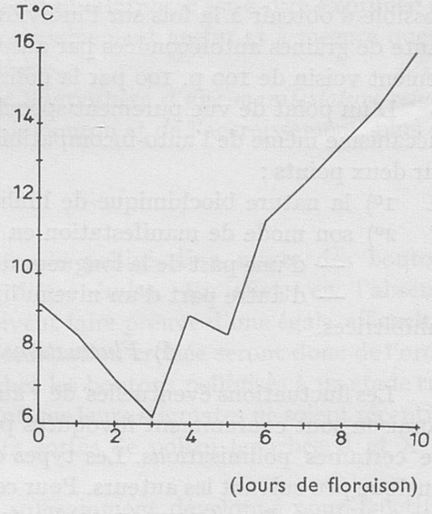


FIG. 5. — *Évolution des températures moyennes à 2 m sous abri au cours de la floraison*

Les fluctuations de la température (fig. 5) ne sauraient être mises en cause dans celles des autres phénomènes ; l'élévation progressive de la température moyenne dans la seconde moitié de l'expérience n'aurait pu que favoriser celle du rythme de floraison et celle de l'autofertilité ainsi qu'il ressort des travaux respectifs de PEARSON (1929 et 1932) et d'ATTIA et MUNGER (1950).

Il est donc logique de conclure à une *évolution intrinsèque de l'autofertilité*, au

cours du déroulement de la floraison, celle-ci atteignant son maximum dans la moitié inférieure de l'inflorescence, abstraction faite des deux ou trois premières fleurs de base.

L'interfertilité évolue également dans notre expérience. Mais si sa diminution vers le sommet de l'inflorescence est un fait très général, il n'en est pas toujours de même de l'avortement partiel constaté ici sur les fleurs de base ; celui-ci est imputable, au moins en partie, aux conditions expérimentales car il est beaucoup moins accentué sur les inflorescences exposés à la pollinisation entomophile.

2) *Influence de la position de l'inflorescence sur la hampe florale.*

Dans l'exposé de notre méthode de travail nous avons insisté sur le choix d'inflorescences de même type pour l'application des différents traitements. Nous avons eu ainsi la possibilité de comparer chez quatre plantes le comportement respectif des deux sortes de grappes issues d'une même hampe florale : grappe terminale ou principale (G. P.) et grappes axillaires ou secondaires sous-jacentes (G. S.).

Les résultats concernant la fertilité moyenne des fleurs pollinisées à l'anthèse figurent dans le tableau ci-après (tabl. 6).

TABLEAU 6

Grappe terminale et grappe axillaire (1)
Nombre moyen de graines par fleur pollinisée

Inflorescences → / Pollinisation ↓	Nombre moyen de graines par fleur pollinisée			Probabilité des écarts
	G. P.	G. S.	GS/GP %	
FA	2,70	1,50	55,5	P < 0,01
FX	15,10	14,80	98,0	NS
Rapport FA/FX	17,88	10,49	58,6	P < 0,01

Le comportement des quatre plantes expérimentées est très concordant. Contrairement à la fertilité normale des fleurs (FX) dont la valeur moyenne paraît stable, l'autostérilité est nettement plus accusée chez la grappe axillaire que chez la grappe terminale. Le choix de l'un ou l'autre type d'inflorescence peut donc conduire à une estimation très différente de l'auto-incompatibilité.

D'après nos observations les inflorescences axillaires offrent moins de sécurité que l'inflorescence terminale pour le test d'incompatibilité. Elles constituent aussi un matériel moins avantageux pour la pollinisation des boutons :

— elles portent un nombre de fleurs moins élevé (de 30 à 40 p. 100 en moyenne) ;

— leur vitesse de floraison est également plus faible ;

— dans certains cas leur courbe de floraison est en outre nettement décalée dans le temps par rapport à celle de la grappe terminale ; le décalage s'accentue

(1) Étude portant sur 8 grappes principales et 16 grappes axillaires.

encore après autopollinisation des boutons. Un exemple typique déjà évoqué au cours de l'étude sur la floraison est donné ci-dessus (fig. 6 et 7).

On conçoit que dans de tels cas la pollinisation simultanée de tous les boutons d'une même hampe florale se traduise par de faibles résultats pour les inflorescences axillaires.

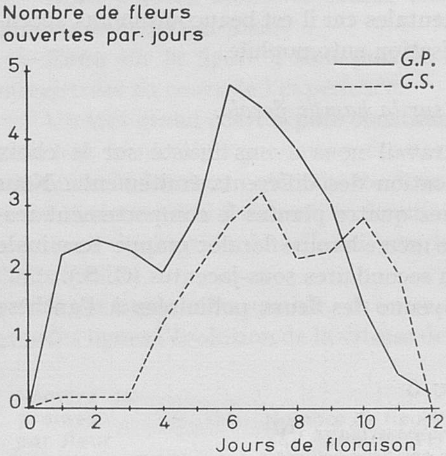


Fig. 6. — *Pollinisation à l'anthèse*

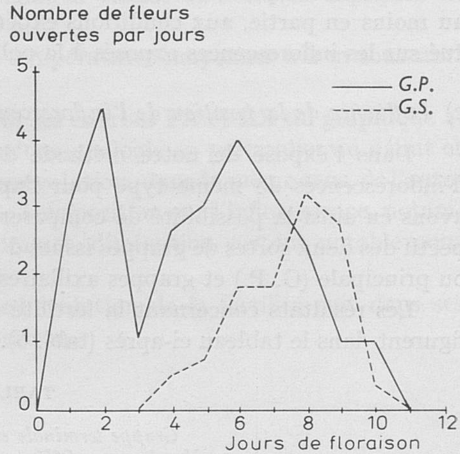


Fig. 7. — *Pollinisation des boutons*

Fig. 6 et 7. — *Courbes de floraison comparées de grappes terminales* (*G. P.*) *et axillaires* (*G. S.*)

5°) Conséquences pratiques pour la sélection basée sur l'auto-incompatibilité.

Il ressort des conclusions précédentes que l'utilisation correcte du test d'auto-incompatibilité requiert un certain nombre de précautions :

— Choix de grappes terminales, moins autostériles et en outre plus avantageuses pour l'autopollinisation des boutons.

— Élimination des fleurs de base et, à plus forte raison, des fleurs du sommet de l'inflorescence.

— Expression de la fertilité des fleurs autopollinisées en fonction des résultats obtenus après des pollinisations compatibles.

En pratique, le test d'auto-incompatibilité est, dans la plupart des cas, combiné avec l'autopollinisation des boutons.

Nous avons donc cherché, tout en respectant les principes qui viennent d'être émis, à simplifier autant que possible la conduite des tests d'auto-incompatibilité au champ sur le matériel en cours de sélection, le plus grand nombre possible d'individus devant être traités dans les meilleurs délais.

a) *Conduite parallèle des tests d'auto-incompatibilité et des autofécondations au champ*

Le principe essentiel de la méthode est d'effectuer simultanément, sur la même inflorescence, la pollinisation des fleurs (*test d'auto-incompatibilité*) *et des boutons* (pour obtention de graines inbred).

— Le nombre des isolements à effectuer se réduit à deux par plante, l'un pour l'autopollinisation, l'autre pour le test d'allogamie.

— Toutes les pollinisations sont pratiquées en une seule fois.

Afin de disposer d'un matériel suffisant on réunit plusieurs inflorescences sous chaque sachet d'isolement.

— D'autres simplifications sont aussi apportées à la pratique des pollinisations qui ont lieu quand la floraison est bien commencée (5-6 fleurs au moins par grappe) et dont les différentes opérations se déroulent comme suit :

— Ouverture du sachet.

— Élimination des fleurs de base (deux ou trois en moyenne) et des boutons prêts à s'ouvrir.

— Préparation de tous les boutons bien développés situés immédiatement au-dessus de ceux éliminés, soit dix à quinze boutons suivant le type d'inflorescence. Pour découvrir le stigmate, nous utilisons une paire de ciseaux d'une modèle spécial décrit par D. WIERING (1958), représentée ci-contre (fig. 8).

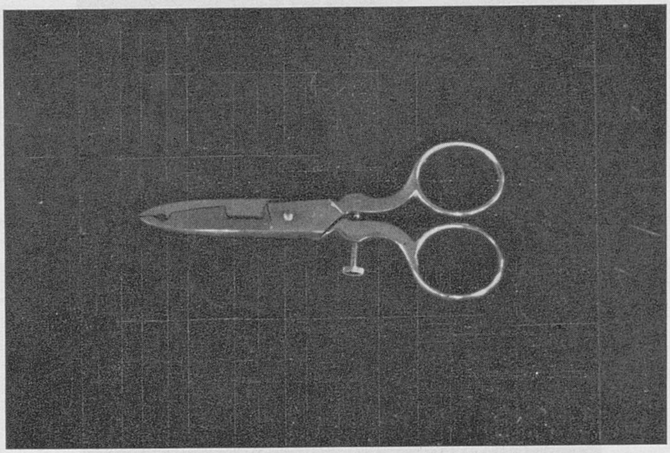


FIG. 8. — *Ciseaux utilisés pour découvrir le stigmate des boutons*

Il s'agit de ciseaux à ouverture réglable par vis ; les lames sont évidées près de la pointe de façon à laisser une ouverture circulaire à bords bien tranchants lorsqu'on « ferme » les ciseaux.

On effectue ainsi un véritable « décoiffage » du bouton tout en respectant le style, opération beaucoup plus rapide et, comme le note WIERING, beaucoup moins préjudiciable pour celui-ci que l'ouverture à la pince.

— *Pollinisation des fleurs et des boutons.* L'autopollen est fourni par des fleurs à anthères déhiscentes prélevées sur une partie des inflorescences isolées.

L'application du pollen sur le stigmate se fait soit au moyen d'un pinceau de soie, soit par un simple contact avec les anthères de la fleur, celle-ci ne subissant aucune préparation.

— *Marquage de la délimitation fleurs-boutons,* au moyen d'un ruban en plastique brillant, souple et léger, facile à placer et à repérer (type « cello-twist »).

— *Test d'allogamie.* A l'application d'autopollen succède celle d'allopollen marqueur, effectuée de la même façon avec des fleurs prélevées sur les plantes de chou rouge (Caulet de Flandres) isolées à cet effet.

Les travaux ultérieurs, enlèvement de sachets, récolte et égrenage ont lieu dans les conditions et avec les précautions précédemment décrites.

La figure ci-dessous (fig. 9) montre comment se présente fréquemment, à maturité, une inflorescence de plante auto-incompatible, après avoir été soumise à l'autopollinisation simultanée des fleurs et des boutons.

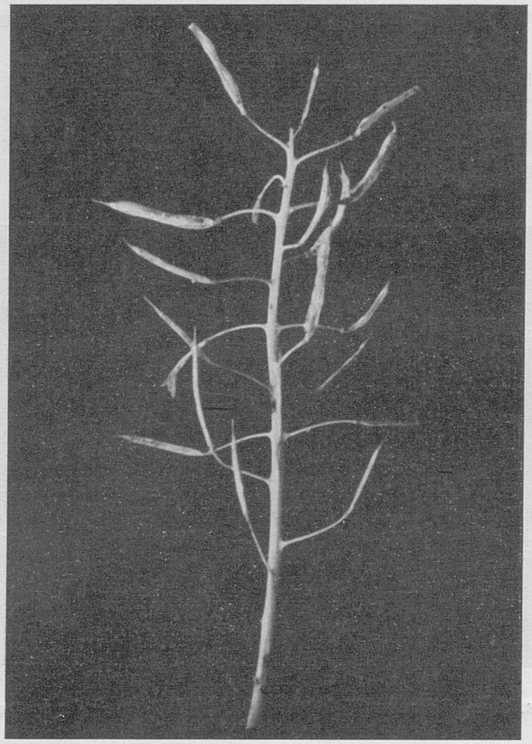


FIG. 9. — *Inflorescence de plante auto-incompatible, à la maturité des siliques, sur laquelle a été pratiquée l'autopollinisation simultanée des fleurs ouvertes et des boutons de tous âges*

On distingue, en partant de la base :

1°) 5 siliques stériles, issues des fleurs déjà ouvertes lors de la pollinisation (test d'auto-incompatibilité).

2°) Le ruban de « cello-twist » marquant la délimitation entre fleurs ouvertes et boutons au moment de la pollinisation — sa transparence le rend difficilement perceptible sur la figure.

3°) L'ensemble des siliques obtenues par l'autopollinisation de boutons d'âge variable.

Les deux premières totalement stériles proviennent des boutons pollinisés à un stade trop proche de l'anthèse pour être autofertiles : c'est pourquoi leur élimination

est conseillée en pratique — leur stérilité n'en constitue pas moins une preuve complémentaire de l'auto-incompatibilité de la plante.

Tout le reste provient de la pollinisation de boutons d'âge variable, tous théoriquement plus ou moins autofertiles : on constate, en réalité, un taux assez élevé d'avortement accidentel avec cette méthode rapide d'auto-pollinisation au champ.

b) *Critique de la méthode*

Le tableau ci-dessous fait état des résultats obtenus en 1960 pour trois groupes de plantes mères, à raison d'une vingtaine d'individus par groupe, qui ont subi le double test d'auto-incompatibilité et d'allogamie. Il s'agit d'individus prélevés dans la descendance interfécondée de plantes pères testées elles-mêmes pour l'auto-incompatibilité (tabl. 7).

TABLEAU 7

Tests d'auto-incompatibilité et d'allogamie
Plantes mères – 1960 – Rennes

Traitements (1) → / Variétés ↓	Fertilité : Nombre moyen de graines par fleur					Rapport %		% Autofécondation en FX
	FA	FX	FL	BA	BX	FA/FX	FA/Fl	
Moellier	0,3	17,3	8,2	3,7	10,8	1,7	3,6	1,2
Fourrager Vert	0,0	15,9	8,6	6,2	9,2	0,0	0,0	0,4
Mille Têtes	0,1	15,0	9,8	4,3	12,3	0,7	1,0	0,0
$\bar{x}$	0,13	15,40	8,90	4,73	10,78	0,8	1,5	0,5
Δ (P = 0,05)			1,07					

(1) *Nota : Rappel des symboles.*
FA — Autopollinisation à l'anthèse.
FX — Pollinisation mixte (auto + allopollen) à l'anthèse.
FL — Pollinisation libre entomophile
BA — Autopollinisation de boutons.
BX — Pollinisation mixte de boutons.

L'étude critique à laquelle ce tableau peut donner lieu portera sur les deux séries de tests.

1°) *Test d'auto-incompatibilité.*

On constate tout d'abord que les trois groupes de plantes font preuve, vis-à-vis des différents traitements, d'un comportement très comparable (interaction non significative) ; celui-ci est conforme aux résultats attendus sauf sur un point, la supériorité constante des pollinisations compatibles contrôlées (FX) sur la pollinisation libre (Fl) ; cette dernière, davantage soumise aux fluctuations des conditions climatiques et de l'activité des insectes pollinisateurs, doit être considérée comme aberrante en 1960.

Toutefois, comme on peut en juger, cette anomalie n'a que peu de conséquences ici sur l'estimation du degré d'auto-incompatibilité.

La stérilité des fleurs autopollinisées (FA) paraît même anormalement élevée chez la presque totalité des plantes ; l'origine du matériel n'est sans doute pas étrangère à cet état de chose, puisqu'il provient de la descendance interfécondée de plantes mères auto-incompatibles. Il n'est pas impossible toutefois que la pollinisation simultanée, sur la même inflorescence, de boutons plus compatibles, n'accroisse la stérilité intrinsèque des fleurs.

La validité des résultats obtenus ne semble guère contestable cependant, ainsi que le prouve la répétition sur boutures des tests antérieurement effectués sur plantes mères (tabl. 8).

TABLEAU 8

Test d'auto-incompatibilité sur plantes mères et sur boutures

Variétés	Nombre de plantes	Année	Matériel	Fertilité des fleurs (Nombre de graines par fleur)		
				FA	BA	FL
Mille Têtes	14	1959	Plante mère	0,05	3,66	10,90
		1960	Bouture	0,00	3,44	8,03
Branchu	11	1959	Plante mère	0,04	1,43	4,00
		1960	Bouture	0,00	2,16	3,50

2°) *Test d'allogamie* (Taux d'autofécondation en FX).

Les résultats du test d'allogamie concordent avec ceux du test d'auto-incompatibilité.

Pour le matériel de sélection ce test est conduit au champ : semis en pépinière de la graine recueillie après pollinisation mixte des fleurs et dénombrement des plantes vertes et rouges au stade 4-5 feuilles.

Cette méthode possède l'avantage d'offrir au matériel testé des conditions analogues à celles de son utilisation.

A titre d'information sur sa valeur théorique, nous avons établi, pour un certain nombre de plantes, un parallèle entre test au champ et celui sur plantules en laboratoire ; les résultats en sont consignés ci-après (tabl. 9).

Le taux d'autofécondation observé au champ est dans l'ensemble très faible ; il est significativement inférieur à celui basé sur l'observation des plantules en laboratoire où la levée est presque totale. Il est logique qu'en conditions naturelles, où le nombre de plantes levées et développées n'atteint pas ici 50 p. 100 des graines semées, les individus « inbred » se soient trouvés éliminés en proportions plus importantes.

On peut en déduire que l'une ou l'autre technique convient au test d'allogamie

destiné à confirmer et compléter le test d'auto-incompatibilité. Le test d'allogamie conduisant en général à surestimer l'auto-incompatibilité, on conçoit même que sa nécessité ne puisse s'imposer que dans les cas douteux ; sa suppression peut même être envisagée sans inconvénients dans la mesure où elle permet d'augmenter en conséquence l'importance du matériel testé.

TABLEAU 9

Test d'allogamie

Variétés	Nombre de plantes testées	Au champ		En laboratoire, sur plantules	
		% levées	% Auto-fécondation	% levées	% Auto-fécondation
Moëllier	8	44,5	0,3	100,0	2,3
Fourrager Vert	10	43,4	0,7	100,0	4,0
Mille têtes	8	38,0	0,0	90,0	3,3
Moyenne générale		41,3	0,5	97,0	3,2

Nota : Les différences entre facteurs comparables sont significatives avec P = 0,01.

En *conclusion, des méthodes simples et rapides peuvent être utilisées* pour mesurer l'auto-incompatibilité à *condition de prendre un minimum de précautions* et *de baser la sélection sur des normes très strictes* assurant l'élimination du matériel douteux.

B. — Physiologie de l'incompatibilité

L'incompatibilité est un phénomène d'inhibition. Nous avons cherché à contrôler ou compléter les données déjà recueillies sur sa localisation, son évolution et son mécanisme par l'étude de la germination du pollen in vivo et in vitro d'une part, des recherches d'ordre biochimique de l'autre [1].

1°) Caractéristiques du matériel étudié.

Les expériences ont porté sur un matériel incontestablement très réduit (trois plantes seulement), mais relativement homogène du point de vue auto-incompatibilité En effet ces plantes, soumises aux diverses modes de pollinisations décrits précédemment, se sont révélés à la fois auto-incompatibles (surtout la plante n° 1) et intercompatibles avec le pollen étranger. Les résultats des diverses pollinisations

[1] Ces travaux ont été réalisés avec le précieux concours de M. P. Chollet, assistant à la Chaire d'Arboriculture fruitière de l'E. N. S. A. de Rennes, à qui nous tenons à exprimer nos très vifs remerciements, et avec la collaboration de M. F. Larcher, ingénieur agricole, au cours de son stage de fin d'études.

effectuées, résumés dans le tableau ci-après (tabl. 10), s'accordent parfaitement avec ceux qui ont été utilisés pour l'étude descriptive du phénomène d'auto-incompatibilité.

TABLEAU 10

Auto-incompatibilité des plantes étudiées

Stade de pollinisation	Nombre moyen de graines par fleur					Rapport %	
	Fleur			Bouton			
Mode de pollinisation	FA	FX	FL	BA	BX	FA/FX	FA/FL
Plante n° 1	0,8	20,4	22,9	10,0	15,2	3,9	3,5
Plante n° 2	2,3	21,3	31,2	15,0	22,0	f10,8	7,4
Plante n° 3	1,0	9,2	15,7	6,8	11,0	f10,9	6,4

2°) LOCALISATION ET ÉVOLUTION DU PHÉNOMÈNE D'INHIBITION.

Étude de la germination du pollen in vivo et in vitro.

a) *Étude* in vitro

Cette étude a été réalisée sur les plantes n° 1 et 3. On a prélevé des styles respectivement 3 h — 18 h et 24 h après pollinisation ; ceux-ci ont été fixés dans un mélange d'acide acétique et d'alcool absolu, puis fragmentés longitudinalement et placés dans un colorant spécifique des tubes polliniques (bleu coton + lactophénol + glycérine). Les résultats sont nets pour les deux stades extrêmes de prélèvements :

1°) 3 heures après pollinisation, des tubes germinatifs ont été aperçus dans le style uniquement dans le cas de pollinisation mixte des fleurs (FX) ; la progression semble plus lente après pollinisation des boutons.

2°) 24 heures après pollinisation on a trouvé des tubes polliniques de longueur variable, dont certains atteignant déjà des ovules aussi bien après pollinisation mixte de fleurs (FX) ou de boutons (BX) qu'après autopollinisation de boutons (BA) ; aucun tube n'a été aperçu dans le style après autopollinisation de fleurs (FA).

b) *Étude* in vitro

Il a été procédé à des essais de germination de pollen en solution sucrée additionnée ou non de fragments de style ou de stigmate ; le milieu adopté après tâtonnement était constitué par une solution de saccharose à 20 p. 100 qui correspond à l'optimum (15 à 20 p. 100) préconisé par PEARSON (1932). Ce milieu ne paraît cependant pas très satisfaisant si on en juge par le taux de germination relativement faible et la réfringence des grains de pollen, symptôme d'une pression osmotique inadéquate.

La méthode utilisée est celle de la goutte pendante : un anneau de verre est fixé sur une lame à l'aide de paraffine ; on dépose une goutte de solution sucrée renfermant

le pollen sur une lamelle qui est ensuite retournée sur l'anneau enduit de vaseline. Puis les plaques sont portées à température constante (15°C) et examinées au bout de 18 à 24 heures.

La germination du pollen des plantes 1 et 2 a été observée comparativement sur un milieu témoin (solution de saccharose) et dans une même solution renfermant des broyats de styles ou de stigmates, soit de la même plante (A style et A stigmate), soit de la plante utilisée pour les pollinisations compatibles (X style et X stigmate). Chaque essai a été répété trois fois.

Le tableau II ci-dessous rend compte des chiffres extrêmes obtenus en ce qui concerne le taux de germination.

TABLEAU II

Taux de germination du pollen

Stade de prélèvement / Traitements	Témoin	Fleur: A Stigmate	Fleur: A Style	Fleur: X Stigmate	Fleur: X Style	Bouton: A Stigmate	Bouton: A Style
Plante n° 1	15	0-2	60-70	40-50	55-60	40	40-45
Plante n° 2	20-25	5-10	40-45	15-20	—	—	—

Ces résultats corroborent ceux de l'étude in vivo et nous conduisent à formuler les commentaires suivants :

1) *Localisation de l'inhibition.*

L'inhibition est localisée dans le stigmate et une variation inverse apparaît entre le degré d'auto-incompatibilité de l'individu et le taux de germination dans le milieu « A stigmate ». Ce n'est d'ailleurs que la confirmation d'un fait déjà mis en évidence chez d'autres sous-espèces de *Brassica oleracea* et susceptibles d'applications pratiques.

C'est ainsi que Sampson (1957) utilise, pour l'analyse des familles une détermination rapide de la compatibilité basée sur le taux de germination du pollen in vivo.

2) *Évolution de l'inhibition chez le bouton.*

La régression de l'inhibition chez le bouton est certaine. Y a-t-il élimination totale de celle-ci ?

Les tests de fertilité correspondant figurant au tableau II (comparaison entre BA et BX), dont les résultats sont conformes avec ceux que nous obtenons habituellement, tendent à infirmer cette hypothèse. Notre étude in vivo n'apporte pas de précision à cet égard et celle in vitro ne fournit que des données fragmentaires, recueillies sur un seul individu.

3) *Comportement de styles à l'égard des tubes polliniques.*

Les seuls éléments d'appréciation à cet égard sont ceux qui nous sont fournis par l'étude de la germination du pollen in vitro ; ils traduisent en réalité l'influence des styles sur la germination du pollen plutôt que sur le développement proprement

dit des tubes polliniques. En présence de styles, le taux de germination est de beaucoup supérieur à celui du milieu témoin. Cependant, lorsqu'il s'agit de l'« *autostyle* » l'extrémité des tubes polliniques apparaît souvent renflée en massue.

Cet aspect anormal est-il due à la présence d'inhibiteur à faible concentration? Cette hypothèse semble mal s'accorder avec le taux élevé de germination. On peut se demander plutôt si, entre style et stigmate, n'existeraient pas des relations de nature biochimique jouant un rôle important dans le déterminisme de l'inhibition.

3°) MÉCANISME D'INHIBITION.

Le phénomène d'incompatibilité observé chez *Brassica oleracea* se rencontre chez de nombreuses espèces allogames étrangères à la famille des Crucifères. Divers chercheurs se sont penchés sur le problème de son déterminisme biologique. Nous ferons donc le point des données à partir desquelles ont été conduits les tests sur Chou fourrager.

a) *Hypothèse sur le mécanisme d'inhibition*

La notion de substance inhibitrice invoquée tout d'abord, notamment par EAST (1934) et YASUDA (1934) a été contredite par les travaux de STRAUB (1947) sur *Pétunia* et de LUND (1956) sur *Tabac* qui lui substituent l'hypothèse d'un mécanisme enzymatique.

Tout tube pollinique produirait un ferment chimiquement défini assurant sa progression dans le style ; cette substance serait inactivée en présence d'un système constitué par le gène identique dans les tissus conducteurs.

Ce ferment ne serait-il pas tout simplement une substance de croissance présente dans tous tissus végétaux, et, plus précisément l'acide indolacétique (IAA)? LUND (1956) a établi en effet une corrélation significative entre la synthèse de l'IAA dans les styles de Tabac et la vitesse de croissance du tube pollinique ; la concentration en auxine s'accroît après la germination du pollen ce qui indiquerait la possibilité pour le tube pollinique d'induire la formation d'IAA.

Dès sa formation le tube pollinique devrait donc trouver dans le style (ou le stigmate), en concentration souhaitable, la ou les substances de croissance nécessaires à son développement.

Il est difficile, par l'analyse chimique, de déterminer si cette concentration optimale en auxine est effectivement réalisée ; les dosages, en effet, portent sur l'auxine totale, c'est-à-dire le complexe auxine libre + auxine liée, la concentration en auxine libre étant toujours très faible.

Cependant on a pu isoler récemment une diastase, l'*auxine-oxydase*, capable d'activer l'oxygène libre et de le fixer sur des substances de croissance non oxydables spontanément ; la présence d'auxine-oxydase dans le stigmate ou le style pourrait donc entraîner la destruction d'IAA dans l'organe intéressé.

La concentration effective en IAA dépendrait alors à la fois du pourcentage d'auxine libre (ou du taux de libération de l'auxine liée) et de l'activité auxino-oxydasique.

L'auto-incompatibilité apparaîtrait donc régie par un couple Auxine × Auxine-oxydase, la présence ou l'activité de cette dernière dépendant elle-même d'un mécanisme d'action génique.

b) *Étude biochimique de l'inhibition chez* Brassica oleracea acephala.

L'inhibition se produisant au niveau du stigmate chez *Brassica oleracea*, l'hypothèse retenue est celle de la présence, dans cet organe, de l'auxine-oxydase susceptible de provoquer la destruction d'auxine.

La méthode de travail utilisée pour le contrôle de cette hypothèse est une technique photocolorimétrique mise au point par MM. CHOLLET (E. N. S. A. de Rennes) et CREFF (.E N. S. A. de Nancy) à partir de travaux de SALKOWSKI et PILET et intitulé « *Test de Salkowski* ».

Le principe du test de Salkowski est d'apprécier l'activité oxydasique d'un matériel en le mettant au contact d'une quantité connue d'IAA ; il repose sur le dosage du noyau Indol, lequel, en présence de fer ionique et en milieu acide, donne un composé rouge dont l'intensité de coloration est fonction de la quantité d'IAA : l'activité oxydasique doit donc se traduire par une coloration inversement proportionnelle à son intensité.

Dans ce but les tubes contenant le mélange Eau + IAA + Extrait de style ou de stigmate, effectué en proportions déterminées, reçoivent, après un temps de contact suffisant, une quantité donnée d'acide perchlorique additionné d'une goutte de réactif perchlorique. Ils sont alors examinés au photocolorimètre et comparés à la solution témoin (Eau + IAA).

Les premiers résultats enregistrés n'ont pas paru très concluants. On a observé en effet, par rapport au témoin, une décoloration constante de la solution testée, qu'il s'agisse de styles ou de stigmates.

La décoloration plus accentuée de la solution avec stigmate semblerait toutefois le symptôme d'une activité plus intense de l'auxine-oxydase. Mais alors rien n'explique le taux de germination élevé du pollen en présence de fragments de style et donc l'hypothèse, qu'on pouvait en déduire, d'une concentration plus élevée en auxine dans cet organe.

On conçoit pourtant l'intérêt de l'hypothèse émise, si l'on considère avec BRIAN (1958) que certaines substances, telle la gibberelline, peuvent inhiber l'activité de l'auxine-oxydase.

Existe-t-il d'autres moyens de réduire ou supprimer l'auto-incompatibilité ?

Chez certaines espèces, des substances chimiques parfois très simples se sont révélées capables de détruire ou inactiver l'inhibition ; c'est le cas, suivant NAUNDORF (1959) du permanganate de potassium ou de l'eau oxygénée pour *Théobroma Cacao*.

Nous savons aussi que l'α-naphtène acétamide a été essayée avec succès par EYSTER (1941) sur différentes espèces dont *Brassica oleracea* ; suivant LEWIS (1942) cette substance provoquerait, non pas la neutralisation de l'inhibiteur, mais un retard dans la formation de la zone d'obstruction.

Quoi qu'il en soit, aucune de ces expériences n'a donné lieu jusqu'ici, semble-t-il, à l'établissement d'une méthode de travail économiquement applicable à la sélection de lignées auto-incompatibles. Le recours à l'autopollinisation de boutons s'avère dès lors nécessaire.

C. — Déterminisme génétique de l'incompatibilité

C'est tout récemment que des progrès décisifs ont été enregistrés dans la connaissance du déterminisme génétique de l'incompatibilité chez *Brassica oleracea*. De nombreuses recherches n'en ont pas moins été poursuivies auparavant dans ce domaine.

1°) Historique des recherches sur l'héridité de l'incompatibilité.

La distinction aujourd'hui bien établie entre les deux systèmes susceptibles de régir les réactions d'incompatibilité — système sporophytique et système gamétophytique — est de beaucoup postérieure aux premières recherches. Il est donc normal que celles-ci se soient traduites par des essais d'application directe de l'hypothèse fondamentale des facteurs d'opposition émise par East (1929) à la suite de ses travaux sur *Nicotiana* et qui se résume ainsi :

Le phénomène d'incompatibilité résulte de la présence de gènes d'incompatibilité dans le pollen et dans le style (gène S). Il existe une série d'allèles S importante, ce qui explique la très fréquente intercompatibilité entre plantes auto-incompatibles ; enfin cette série renferme un allèle S*f* dont la présence rétablit l'autofertilité.

L'existence d'une seule série allélique avec contrôle gamétophytique des réactions d'incompatibilité était récemment encore admise par Odland et Noll (1950).

Très tôt cependant la plupart des chercheurs ont admis que la théorie d'East ne pouvait s'appliquer telle quelle au *Brassica oleracea*.

Detjen (1929) émet l'hypothèse de quatre types d'auto-incompatibilité qui se traduisent par divers degrés d'autostérilité, chacun d'eux reposant sur une base génétique ; mais cette formule est loin d'expliquer tous les cas rencontrés.

Kakisaki (1940) maintient le principe du contrôle gamétophytique faisant intervenir, toutefois, deux séries de facteurs : la série d'allèle d'opposition (série S) associée à une série d'allèles de sympathie (série T) favorables à la croissance du tube pollinique dans le style ; il y aurait de plus épistasie de la série S sur la série T, mais un facteur T à « double dose » serait plus actif qu'un facteur S à « simple dose » ; ainsi l'individu ($T_1T_1S_1S_3$) homozygote pour l'allèle T mais hétérozygote pour les allèles S serait autocompatible.

Cette explication a permis à Kakisaki d'interpréter tous les résultats expérimentaux obtenus par lui. Mais Sears (1937) formule à son égard une critique fondamentale du point de vue physiologique : la croissance du tube pollinique dans le style constitue vraisemblablement une simple réaction nutritive n'impliquant pas de substances stimulatrices spéciales ; tout effet du style sur le tube ne peut donc être qu'un effet d'inhibition ; ceci s'impose particulièrement chez *Brassica oleracea*, le stade d'inhibition étant très précoce. Il conviendrait plutôt d'admettre l'existence :

— soit de facteurs neutralisant l'inhibition des gènes S,

— soit d'une seule série allélique comportant deux sortes de gènes, une partie d'entre eux exerçant seuls un pouvoir inhibiteur vis-à-vis du pollen.

La thèse personnelle de Sears repose sur le fait que *Brassica oleracea* est un allopolyploïde partiel (Lawrence 1930, Catcheside 1937, Sikka 1940) ; elle

implique un système d'allèles d'inhibition à deux loci (série S et série Z). Ce point de vue est partagé par MIZUSHIMA et KATSUO (1943).

L'hypothèse de SEARS est loin d'être sans valeur bien que la preuve génétique de celle-ci paraisse, de l'aveu même de son auteur, difficile à apporter.

Enfin ATTIA et MUNGER (1950) restent partisans de l'existence d'une série d'allèles d'inhibition, mais modifiée par un système polygénique.

Quels que soient leurs mérites respectifs ces explications font appel à des systèmes toujours complexes mais fort différents suivant les auteurs. Aux unes et aux autres s'applique, semble-t-il, la critique formulée par BATEMAN à l'égard de l'hypothèse de KAKISAKI : elle complique les choses sans apporter la preuve formelle du contrôle gamétophytique des réactions d'incompatibilité.

En effet BATEMAN (1955) a montré, qu'à une exception douteuse près, tous les résultats de KAKISAKI s'expliquent de façon satisfaisante et simple sans recourir à une seconde série allélique : il suffirait de retenir l'hypothèse du *contrôle sporophytique de l'incompatibilité*, hypothèse déjà suggérée pour d'autres crucifères, notamment par CORRENS pour *Cardamine pratensis* et par RILEY pour *Capsella*. BATEMAN (1954 et 1955) a mis personnellement en évidence le déterminisme sporophytique de l'incompatibilité pollinique chez *Iberis amara* et a démontré qu'il s'appliquait également à *Brassica compestris* et *Raphanus sativus*. Il en conclut que ce système d'incompatibilité peut être commun à toutes les crucifères.

Cette assertion s'est trouvée confirmée en ce qui concerne *Brassica oleracea* notamment par les travaux de SAMPSON (1957) sur *Brassica oleracea botrytis* et par ceux de K. F. THOMPSON (1957), lesquels effectués sur *Brassica oleracea acephala* méritent à ce titre de retenir tout particulièrement notre attention.

2°) TRAVAUX DE K. F. THOMPSON

THOMPSON a tiré parti de l'aptitude du Chou au bouturage pour effectuer des croisement entre individus de différentes générations. Pour l'analyse des familles il a pu ainsi utiliser les résultats de pollinisations entre plantes-sœurs d'une part, entre plantes parentales et leurs descendances autofécondées de l'autre.

La première conclusion qui se dégage du remarquable travail de THOMPSON est la confirmation de la thèse de BATEMAN sur le *contrôle sporophytique des réactions de compatibilité entre pollen et style*. Cette assertion s'accorde, comme le note BATEMAN, avec les caractères de l'inhibition, sa localisation dans le stigmate, sa précocité d'action, caractères sur lequel s'appuie aussi PANDEY (1958) pour établir la discrimination entre système sporophytique et système gamétophytique ; suivant ce dernier auteur, en système gamétophytique, l'action des allèles S n'est effective qu'après la séparation des microspores issus du cytoplasmes commun ; en système sporophytique, elle a lieu après la deuxième division méiotique mais avant complète séparation des microscopores.

THOMPSON apporte en outre des précisions sur le *fonctionnement du système d'incompatibilité* :

Il est régi par une série d'allèles de stérilité (allèles S) :

Comme chez les autres *Brassica*, les relations d'activité entre allèles S peuvent chez l'individu hétérozygote, présenter des aspects très différents :

— activité et indépendance des deux allèles à la fois dans le pollen et dans le style.

— dominance d'un allèle S sur l'autre, rendant le récessif inactif, les relations de dominance entre les deux allèles n'étant pas nécessairement les mêmes dans le pollen et dans le style.

L'auto-incompatibilité de la plante hétérozygote du type S_1 S_2 peut donc être déterminée par une des quatre relations suivantes entre allèles S :

1°) $S_1 > S_2$ dans le pollen et dans le style.

2°) $S_1 > S_2$ dans le pollen avec $S_1 = S_2$ dans le style.

3°) $S_1 = S_2$ dans le pollen avec $S_1 > S_2$ dans le style.

4°) $S_1 = S_2$ dans le pollen et dans le style.

Quant à la relation $S_1 > S_2$ dans le pollen avec $S_2 > S_1$ dans le style elle caractérise tout simplement l'individu hétérozygote autocompatible qui se rencontre aussi dans l'analyse des populations.

Selon THOMPSON (1960) il existe de nombreux allèles S différents dans la plupart des populations, mais leur nombre dépend beaucoup de l'importance et de la diversité du matériel de départ et du caractère plus ou moins étroit de la sélection.

La démontration de THOMPSON, outre son intérêt pour la sélection du Chou fourrager, apporte une solution élégante et logique aux problèmes posés par les relations d'auto-et d'intercompatibilité chez *Brassica oleracea* à deux exceptions près signalées par l'auteur :

a) *Apparition de plantes auto-incompatibles dans la descendance autofécondée de plantes auto-incompatibles.* — Il s'agirait suivant THOMPSON (1960) :

— soit d'homozygotes pour un allèle d'autofertilité de faible activité, récessif par rapport à l'allèle d'autostérilité contenu également dans la plante-mère hétérozygote,

— soit dans d'autres cas où l'explication précédente ne peut convenir, d'homozygotes pour un allèle récessif indépendant du système d'allèles S.

Ne pourrait-on, en outre, invoquer éventuellement le fait d'une mutation d'un allèle S, ce qui est assez fréquent chez d'autres espèces ?

b) *Pseudofertilité* — (ou pseudocompatibilité), cas rencontré dans certaines familles de choux et aussi chez d'autres crucifères. BATEMAN (1955) l'explique par la faible activité, dans le style seulement, de certaines allèles S, tandis que STOUT (1922) y voit la manifestation de l'auto-incompatibilité cyclique, c'est-à-dire variable dans le temps. Rappelons que ce phénomène invoqué par STOUT au niveau « individu » s'est trouvé confirmé dans nos propres expériences au niveau « inflorescence ».

SAMPSON (1957) confirme la possibilité d'une évolution dans le temps de l'incompatibilité et l'attribue à la fluctuation de l'activité d'un seul des deux allèles S, ce qui prouve l'indépendance biochimique de l'activité respective de deux-ci. De même, ajoute-t-il, les forces responsables de l'auto-incompatibilité d'un individu peuvent réduire l'activité de l'allèle dominant davantage que celle du récessif : c'est la preuve que les facteurs qui confèrent l'auto-incompatibilité sont indépendants de ceux qui gouvernent les relations de dominance.

L'existence de tels faits est évidemment gênante en sélection, lorsque la méthode de travail implique l'utilisation de lignées strictement auto-incompatibles. Les conséquences pratiques peuvent toutefois être assez limitées si le matériel est soumis

à des tests aussi complets et rigoureux que possible ; Aussi devons-nous insister sur les résultats positifs du travail de K. F. THOMPSON. De ses conclusions sur le déterminisme génétique des phénomènes d'incompatibilité chez le Chou fourrager découle, en effet, le moyen, non seulement de tester l'auto-incompatibilité des lignées, mais de connaître en outre leur constitution génotypique quant aux allèles d'incompatibilité. Nous aurons l'occasion d'en apprécier l'intérêt lors de l'analyse des méthodes modernes de sélection susceptibles d'être appliquées au Chou fourrager.

(*La 2e partie sera publiée dans un prochain fascicule*)

SUMMARY

FLORAL BIOLOGY OF THE FODDER CABBAGE AND ITS CONSÉQUENCES FOR SELECTION I. FLORAL BIOLOGY

The improvement of current selection methods for fodder cabbage is imperative, the choice of the method depends above all on the floral biology of the plant, and in particular on its mode of fertilisation. The paper is composed of two parts.

The first consists in an outline of the knowledge of the floral biology *Brassica oleracea* L. This is dominated by the phenomenon of self-incompatibility, which is the chief factor responsible for allogamy in the plant, its physiological characteristics and genetic determinism are given in the light of work carried out chiefly abroad, but also at the « Station d'Amélioration des Plantes » at Rennes. Its consequences are very important for selection, since its rational use could lead to the production of 100 p. 100 hybrid varieties.

ZUSAMMENFASSUNG

BLUTENBIOLOGIE DES FUTTERKOHLS UND IHRE WICHTIGKEIT FÜR DIE SELEKTION. TEIL I : BLUTENBIOLOGIE

Die Verbesserung der gegenwärtigen Selektionsmethoden für Futterkhol ist dringend notwendig. Die Wahl der Methode hängt vor allem von der Blütenbiologie der Pflanze ab und insbesondere von der Art ihrer Befruchtung. Der Aufsatz besteht aus zwei Teilen :

Der Erste Teil gibt einen Umriss der Kentnisse über dir Blütenbiologie von *Brassica oleracea* L. Diese ist durch Auto-incompatibilität beherrscht, die der verantwortliche Hauptfaktor der Fremdbefruchtung der Pflanze ist. Seine physiologischen Merkmale und seine genetische Bestimmung werden eingehend im Lichte von Arbeiten, die hauptsächlich im Auslande aber auch auf der » Station d'Amélioration des Plantes » in Rennes ausgeführt worden sind betrachtet. Ihre Folgen sind für die Züchtung sehr bedeutsam, da ihre rationale Anwendung zur Erzengung von Varietäten führen könnte die 100 p. 100 Hybride sind.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (1), 39-56

RÉSISTANCE AU FROID CHEZ LE BLÉ

I. — ASSOCIATION ENTRE VERNALISATION ET RÉSISTANCE PAR ENDURCISSEMENT

A. VINCENT et Cl. GOUJON

avec la collaboration technique de G. DELEUZE

Station d'Amélioration des Plantes, Dijon (Côte-d'Or)
Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles (Seine-et-Oise)

SOMMAIRE

Deux séries d'expériences sont présentées et discutées :

— les premières, relatives à une F_3 « hiver × printemps », mettent en évidence l'existence de facultés de résistance au froid par endurcissement [1] associées au génotype « hiver »,

— les secondes concernent l'étude physiologique de ce type de résistance ; elles sont réalisées en conditions contrôlées sur 10 variétés d'hiver et 4 variétés de printemps.

Les conclusions peuvent se résumer ainsi :

1) la résistance au froid par endurcissement est associée à la présence de gènes « hiver »,

2) les variétés typiquement de printemps sont incapables d'endurcissement durable et important ;

3) le processus d'endurcissement est associé à une étape intermédiaire du processus de vernalisation [1] ; il semble ne plus intervenir lorsque la vernalisation est complète,

4) les caractéristiques d'endurcissement pourraient différer suivant que les gènes « hiver » répriment l'une ou l'autre des deux étapes de la vernalisation.

I. — INTRODUCTION

Les plantes du type « hiver » ont des aptitudes particulières de résistance au froid. On observe ainsi couramment sur descendances « hiver × printemps » semées à l'automne, une élimination radicale des génotypes « printemps » pour peu qu'il

(1) « *Endurcissement* ». — Résistance entraînée par une période d'abaissement de la température précédant immédiatement l'exposition aux basses températures

« *Vernalisation* ». — La formation d'ébauches florales est inhibée chez une plante de type « hiver » maintenue en conditions de jours longs. Cet effet inhibitif des jours longs, propre à la phase végétative du développement, est progressivement levé par une exposition plus ou moins prolongée au froid ou (et) à des jours courts : cette exposition confère à une plante « hiver » la faculté de *réagir à des jours longs par une production normale d'ébauches florales*, c'est-à-dire les propriétés d'une plante « printemps ». Nous conviendrons de désigner par « vernalisation » la poursuite du *processus d'adaptation* impliqué par cette transformation (cf. note 7, p. 53).

y ait destruction de plantes par le froid. Par contre, en l'absence de froid, les génotypes « hiver » ou « printemps » ne se différencient qu'à l'occasion de semis de printemps. Ainsi, cette action sélective du froid n'est associée ni au stade ni à la vitesse de développement des plantules, mais à des aptitudes qui ne se manifestent, sauf destructions éventuelles par le froid, que par le développement anormal des types « hiver » en semis de printemps.

Nous citerons tout d'abord un exemple qui établit clairement cette association des gènes « hiver » avec des propriétés de résistance au froid, pour étudier ensuite la nature de cette association.

Celle-ci paraît se situer au niveau des processus de vernalisation et d'endurcissement [1], qui ont en commun la caractéristique d'être spécifiques des génotypes « hiver ».

Nous nous sommes ainsi fixé comme objectif essentiel, dans une deuxième série d'expériences, de contrôler l'état de vernalisation des plantes *avant* et *au cours* même des traitements d'endurcissement, en suivant par ailleurs la méthode décrite par DANTUMA (1958) pour apprécier la résistance au froid artificiel.

2. — PROPRIÉTÉS DE RÉSISTANCE AU FROID SPÉCIFIQUES DES GÉNOTYPES « HIVER »

2-1. — MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'action des gènes « hiver » sur la résistance au froid des plantules, pendant leur phase végétative [2], a été plus particulièrement analysée sur la descendance F_3 :

B 17—3 : lignée de type hiver, résistante au froid,
Fec 28: lignée de printemps, précoce [3].

La F2, semée en automne, n'a subi aucun dégât de froid ; un échantillon de lignées F_3 a pu être constitué en l'absence de toute sélection pour la résistance au froid et le type de développement.

Les observations effectuées sur cet échantillon portent d'une part sur l'hérédité du caractère « hiver-printemps » (alternativité), et d'autre part sur la résistance au froid des lignées en conditions naturelles et artificielles.

a) *L'alternativité*

L'alternativité est appréciée sur un semis de printemps, effectué le 21 mars 1960, à raison de 35 grains par lignée ; une notation du 21 juillet a permis de répartir les lignées F_3 en trois catégories bien définies :

— *catégorie « hiver » :* toutes les plantes sont au stade « tallage herbacé » (formation d'ébauches florales non achevées ; pas d'élongation active de la tige) ;
— *catégorie « printemps » :* toutes les plantes ont épié ;
— *catégorie « en disjonction » :* présence de plantes épiées et de plantes au stade tallage herbacé.

(2) « Phase végétative ». Phase initiale du développement caractérisée par la formation d'ébauches foliaires sur l'apex principal.

(3) *B 17—3* = *(68-2* × *Yga) (90-2* × *Étoile de Choisy).*
FEc 28 = *Frontana* × *Étoile de Choisy.*
90—2 = lignée issue de *Oro,* variété d'hiver très résistante au froid.
68—2 = lignée sœur d'*Étoile de Choisy.*

b) *La résistance au froid*

Elle est appréciée en champ, et en conditions artificielles.

En champ, les semis sont effectués le 5 novembre 1959 ; les dégâts dus au froid sont observés le 2 février 1960, à la suite de gelées de fin janvier (minimum — 6,2°C ; plantes au stade 5[e] feuille pointant). Seuls, des dégâts foliaires sont constatés.

En conditions artificielles, les plantes sont cultivées dans des caissettes en bois (4), à raison de 14 plantes par lignée. La germination est effectuée en serre, à la température de 18°C ; dès l'émergence des coléoptiles, les caissettes sont disposées dans des chambres climatisées, en jours courts de 10 heures (5) ; la température est maintenue à 10°C pendant 5 semaines, puis réduite à 2°C pendant deux semaines (endurcissement).

A l'issue de ce traitement (c'est-à-dire au stade 4 feuilles entièrement développées), les plantes sont exposées à une température de — 14°C pendant 8 heures : le dégel est réalisé à 18°C, après une période de 24 heures à 2°C.

La notation des destructions par le froid intervient trois semaines après l'exposition aux basses températures.

2-2. — Résultats

Pour chacune des notations, les lignées sont réparties en trois catégories, d'après les critères indiqués dans le tableau 1.

Les répartitions observées figurent dans le tableau 2.

TABLEAU 1

Comportement vis-à-vis du froid	Conditions d'observation	
	en champ	en conditions artificielles
I. Lignées sensibles	dégâts foliaires généralisés	toutes plantes tuées
II. Lignées résistantes	absence de dégâts foliaires	majorité des plantes non tuées
III. Lignées intermédiaires	présence de dégâts foliaires	quelques plantes non tuées
B17-3	absence de dégâts foliaires	absence de plantes tuées
Fec-28	dégâts foliaires généralisés	toutes plantes tuées

2-3. — Discussion

a) *Alternativité*

La notation du 21 juillet établit l'existence d'une ségrégation pour un couple de gènes majeurs conditionnant l'alternativité (tabl. 2 : $P > 0,95$).

L'intervention d'autres gènes se manifeste dès cette date par le fait d'une forte hétérogénéité, entre et dans les 19 lignées homozygotes pour l'allèle majeur « printemps » : le stade des plantes varie, au moment de la notation, de l'épiaison au début de la maturité. De même la proportion des plantes épiées est très variable,

(4) Caissettes en bois (40 × 27 × 17 cm) remplies d'un mélange constitué de 2 parties de terre franche, 1 partie de sable, 1 partie de terreau.

(5) Lumière blanche fluorescente 250 W/m², tubes munis de réflecteurs disposés à 20 cm des plantes.

dans les lignées hétérozygotes. Dès le début août, cette hétérogénéité atteint la catégorie des lignées homozygotes pour l'allèle majeur « hiver », de sorte qu'une seule lignée demeure strictement à l'état végétatif à la fin de l'été, comme le parent *B 17 — 3.*

TABLEAU 2

Répartition des lignées F_3
B 17—3 : Type hiver résistant au froid.
Fec. 28 : Type printemps.

Type d'alternativité	Type hiver		Type printemps		En disjonction		Total	
Résistance au froid	Champ	F. artif.	Champ	F. artif.	Champ	F. artif.	Champ	F. artif.
Lignées sensibles	0	0	7	12	5	9	12	21
Lignées intermédiaires.	9	9	12	7	25	15	40	31
Lignées résistantes ...	5	5	0	0	3	9	8	14
Total	14		19		33		66	

Répartition des lignées	χ^2	d. lib.	P.
Alternativité			
Ségrégation pour un couple d'allèles (H-P)	0,76	2	> 0,95
Résistance au froid			
Répartition aléatoire des lignées :			
— lignées homozygotes (H/H et P/P) en champ	14,86	4	< 0,01
froid artificiel..............	16,17	4	< 0,01
— lignées hétérozygotes (H/P) en champ	0,58	2	> 0,95
froid artificiel..............	0,80	2	> 0,95

b) *Résistance au froid*

Une relation étroite entre la présence de l'allèle majeur « hiver » et la résistance au froid est mise en évidence dans les deux conditions de notation (tabl. 2) : l'absence de lignées sensibles et la forte proportion de lignées résistantes chez les lignées homozygotes « hiver » s'oppose à une situation inverse pour les lignées homozygotes « printemps » ; par contre, les lignées hétérozygotes se répartissent de manière aléatoire dans les trois catégories de résistance au froid (P > 0,95).

3. — RÉSISTANCE AU FROID PAR ENDURCISSEMENT ET VERNALISATION

3-1. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'essai porte sur 14 variétés choisies parmi les origines et les types de développement les plus divers (tabl. 3). Le but poursuivi est d'analyser conjointement les processus de vernalisation et d'endurcissement.

TABLEAU 3

Origine	Variétés (types printemps en italique)
Russie	Minhardi ; Voroschilowskaia
Allemagne	Heine VII ; *Peko*
Autriche	Austrobankut
Suède	Starke ; *Progress*
Belgique	Stella
France	Étoile de Choisy ; P 342 [1] Cappelle-Desprez
Italie	Élia ; *CG 47*
Tunisie	*Florence-Aurore*

(1) P 342 = hybride 80 — 3 × Étoile de Choisy
80 — 3 = lignée issue de Oro.

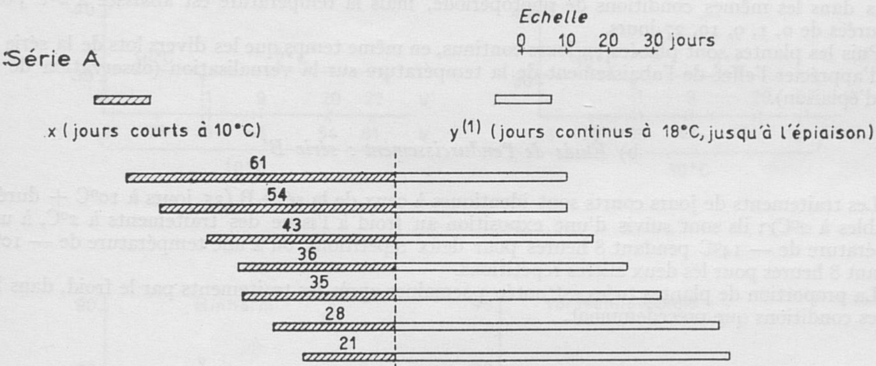


FIG. 1. — Nota : 1) *Valeurs de* y *observées pour* VOROSCHILOWSKAIA.
2) *Lorsque les variétés d'hiver épient pour ces traitements, l'hétérogénéité entre plantes est considérable : les valeurs moyennes de* y *rapportées sur les figures 2 et 3 sont limitées aux sept premiers traitements, sauf pour les variétés de printemps.*

Les 14 variétés sont semées, soit en pots de 15 cm à raison de 3 plantes par pot pour les séries destinées au contrôle de la vernalisation (séries A et B), soit en caissettes à raison d'une ligne de 15 plantes par variété et par répétition pour la série destinée à l'étude de la résistance au froid après endurcissement (série B') ; cette dernière série comprend quatre répétitions.

La levée est effectuée à 18°C, puis les plantes sont soumises aux divers traitements expérimentaux. Les semis sont échelonnés de manière à ce que les expositions aux jours continus (séries A et B) ou au froid (série B') soient simultanées (3 mars), indifféremment aux traitements préalables.

Les traitements, résumés sur le diagramme de la figure 1, sont les suivants :

a) *Étude de la vernalisation : séries A et B*

Série A. — Les plantes sont soumises à des traitements variables de *jours courts à 10°C* (photopériodes de 10 h) soit : 0, 7, 14, 21, 28, 35, 36, 43, 54, 61 jours.

Elles sont ensuite placées simultanément sous des *jours continus* en serre (18° C) [6], afin d'observer l'effet des traitements de jours courts sur la vernalisation. Cet effet est apprécié par la date moyenne d'épiaison (variable dépendante : nombre de jours entre la date d'exposition aux jours continus et l'épiaison).

Série B. — Après un pré-traitement uniforme de 35 *jours courts à 10°C* les plantes sont maintenues dans les mêmes conditions de photopériode, mais la température est abaissée à *2°C* pour des durées de 0, 1, 9, 10, 27 jours.

Puis les plantes sont placées en jours continus, en même temps que les divers lots de la série A afin d'apprécier l'effet de l'abaissement de la température sur la vernalisation (observation de la date d'épiaison).

b) *Étude de l'endurcissement : série B'*

Les traitements de jours courts sont identiques à ceux de la série B (35 jours à 10°C + durées variables à 2°C) ; ils sont suivis d'une exposition au froid à l'issue des traitements à 2°C, à une température de — 14°C pendant 8 heures pour deux répétitions, ou à une température de — 10°C pendant 8 heures pour les deux autres répétitions.

La proportion de plantes tuées est notée 3 semaines après les traitements par le froid, dans les mêmes conditions que précédemment.

3-2. — RÉSULTATS

Les résultats sont rapportés sur les graphiques des figures 2 et 3.

Figures 2.

Courbes de vernalisation V ; le nombre de jours nécessaire pour atteindre l'épiaison en jours continus est rapporté au nombre de jours courts à 10°C subis au préalable.

Les graphiques obtenus tracent, par variété, l'état de vernalisation conféré par ces traitements de jours courts.

Courbes de vernalisation V' ; ces courbes figurent, par comparaison avec les courbes V, les différences de vernalisation introduites par la substitution d'une température de 2°C à la température initiale de 10°C (35 jours à 10°C + durées variables à 2°C = nombre de jours courts, en abscisses).

On constate que la *vitesse moyenne de vernalisation n'est pratiquement pas modifiée par le changement de température,* pour aucune des variétés.

[6] Jours naturels prolongés au moyen de lampes Mixa 120 V (500 W/m²).

Figures 2.

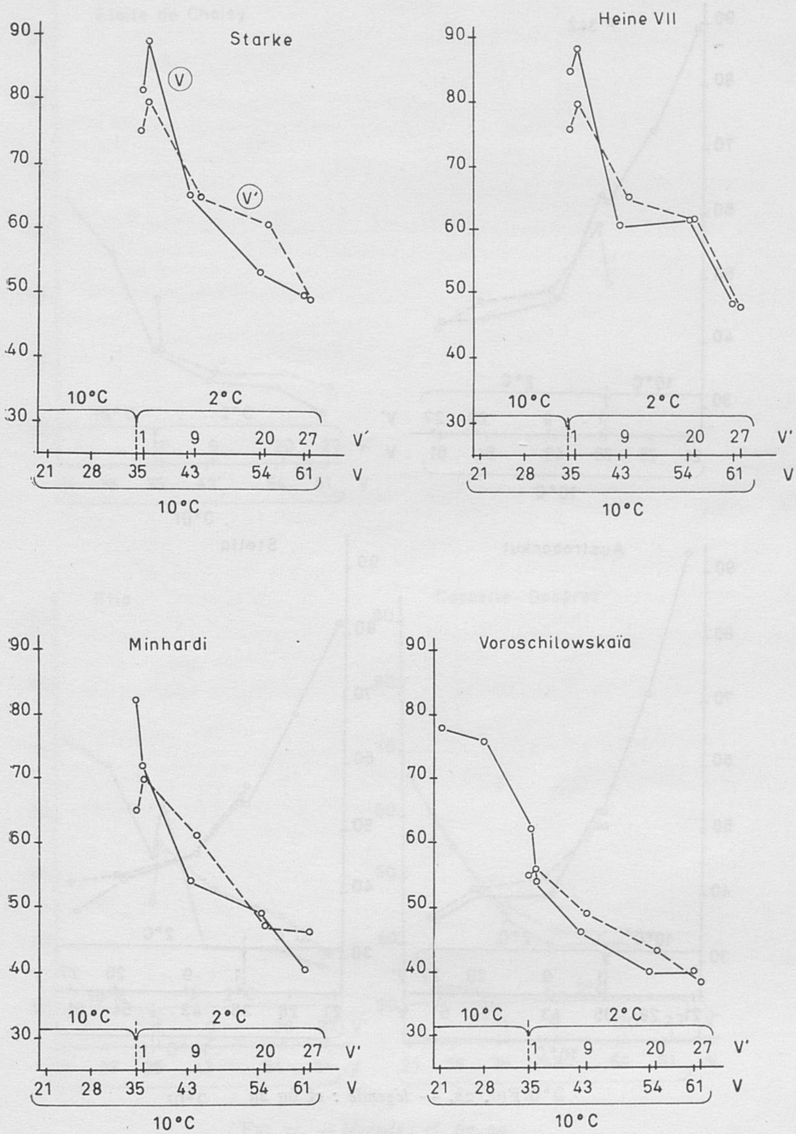


FIG. 2*a*.

En ordonnées: nombre de jours continus à 18°C *jusqu'à l'épiaison (après traitements par les jours courts)*
En abscisses: V = Nombre de jours courts à 10°C.
V' = Nombre de jours courts à 2°C *après* 35 *jours à* 10°C.

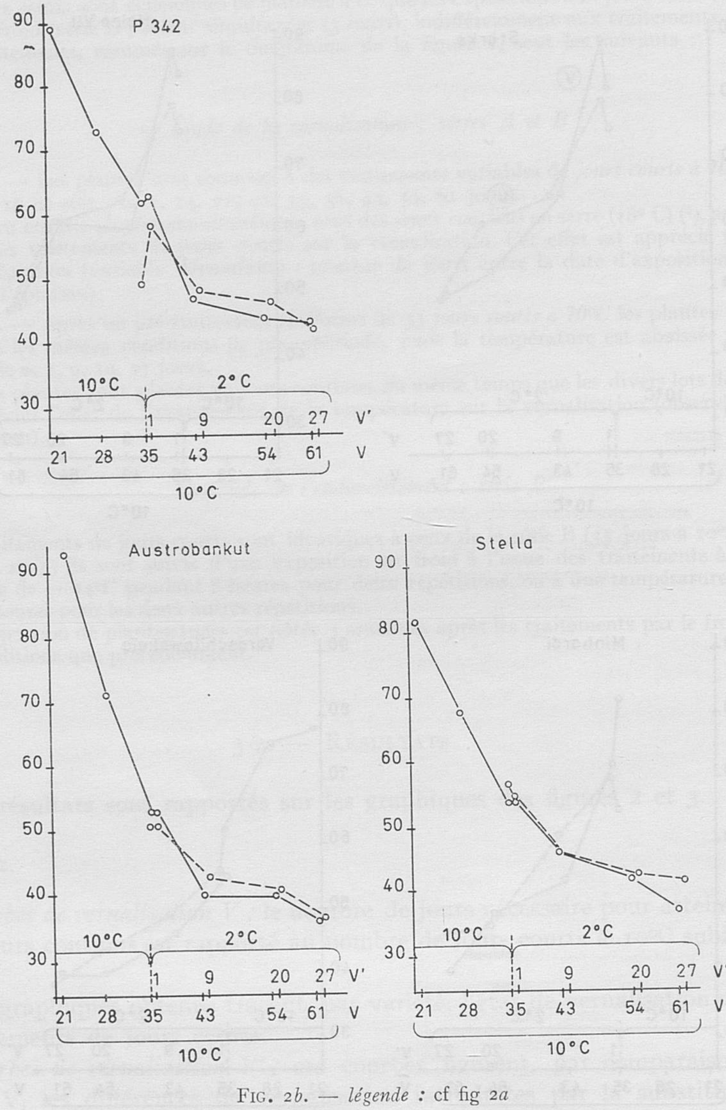


FIG. 2*b*. — *légende :* cf fig 2*a*

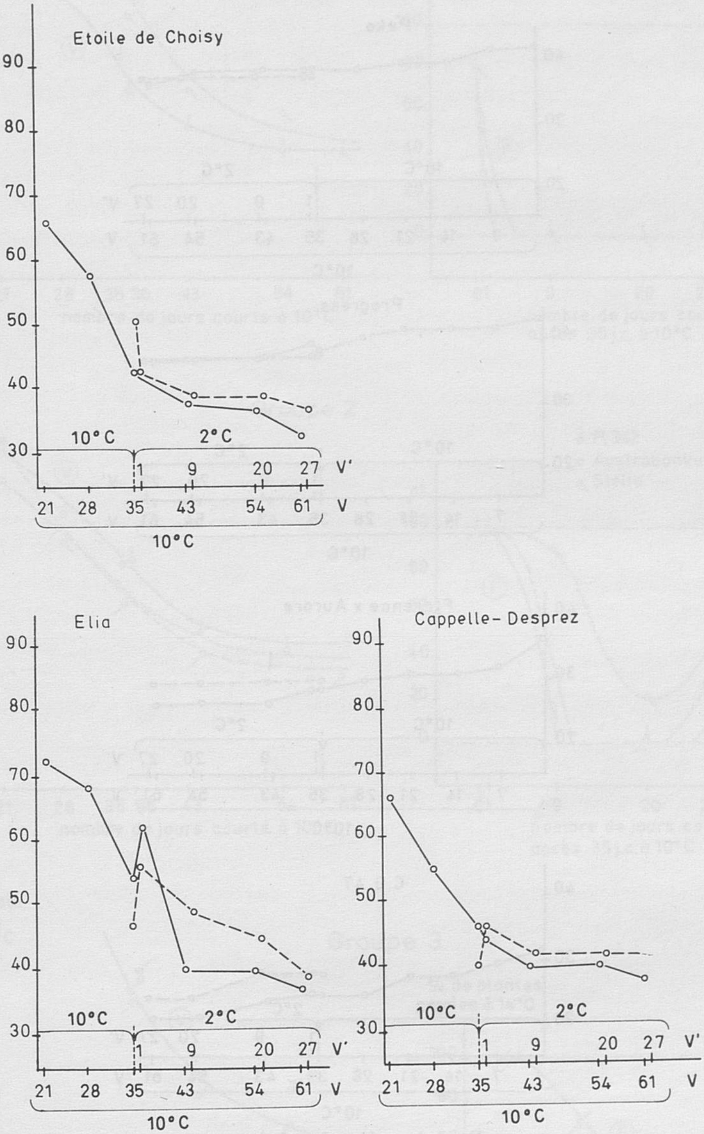


FIG. 2*c*. — *légende :* cf. fig. 2*a*.

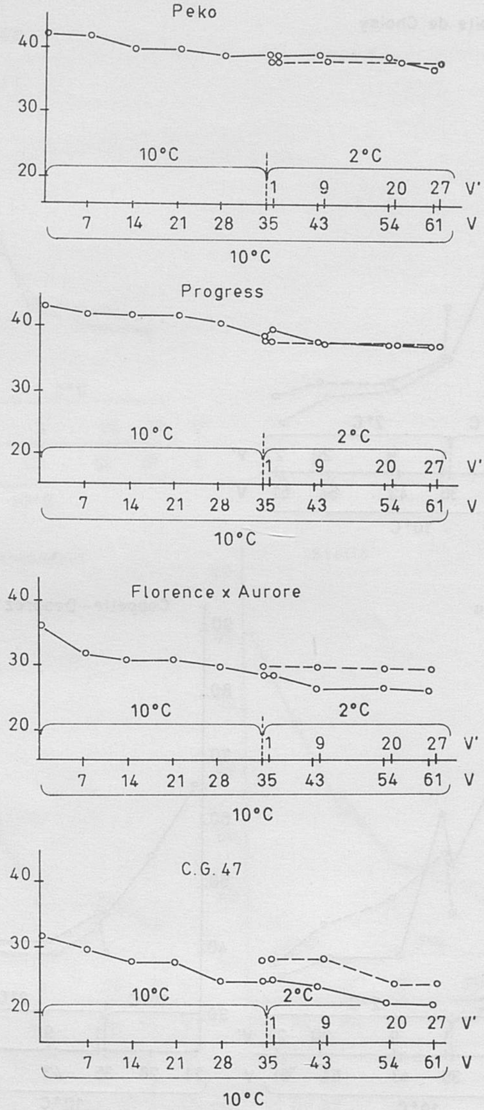


FIG. 2*d*. — *légende :* cf. fig. 2*a*.

Figures 3.

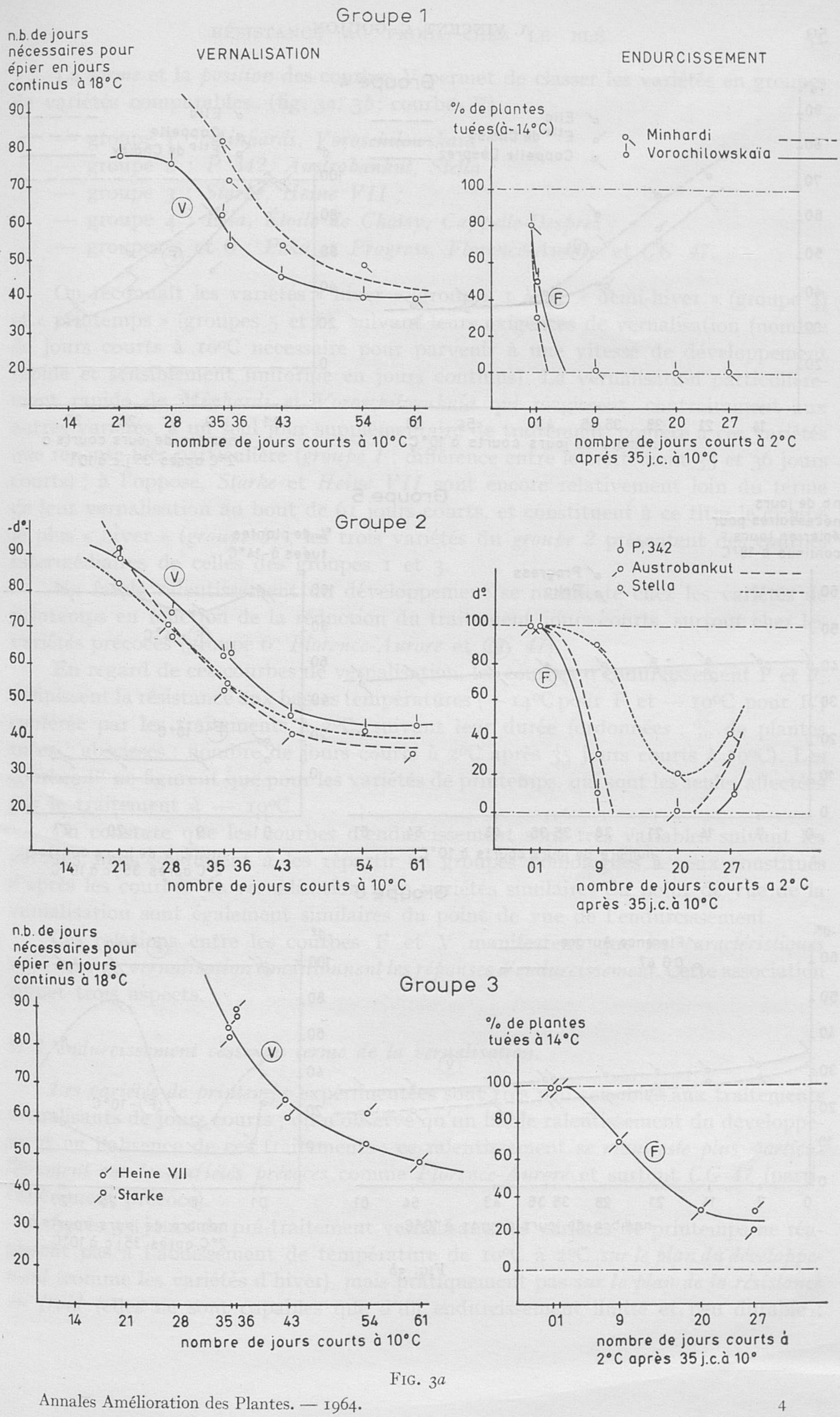


FIG. 3*a*

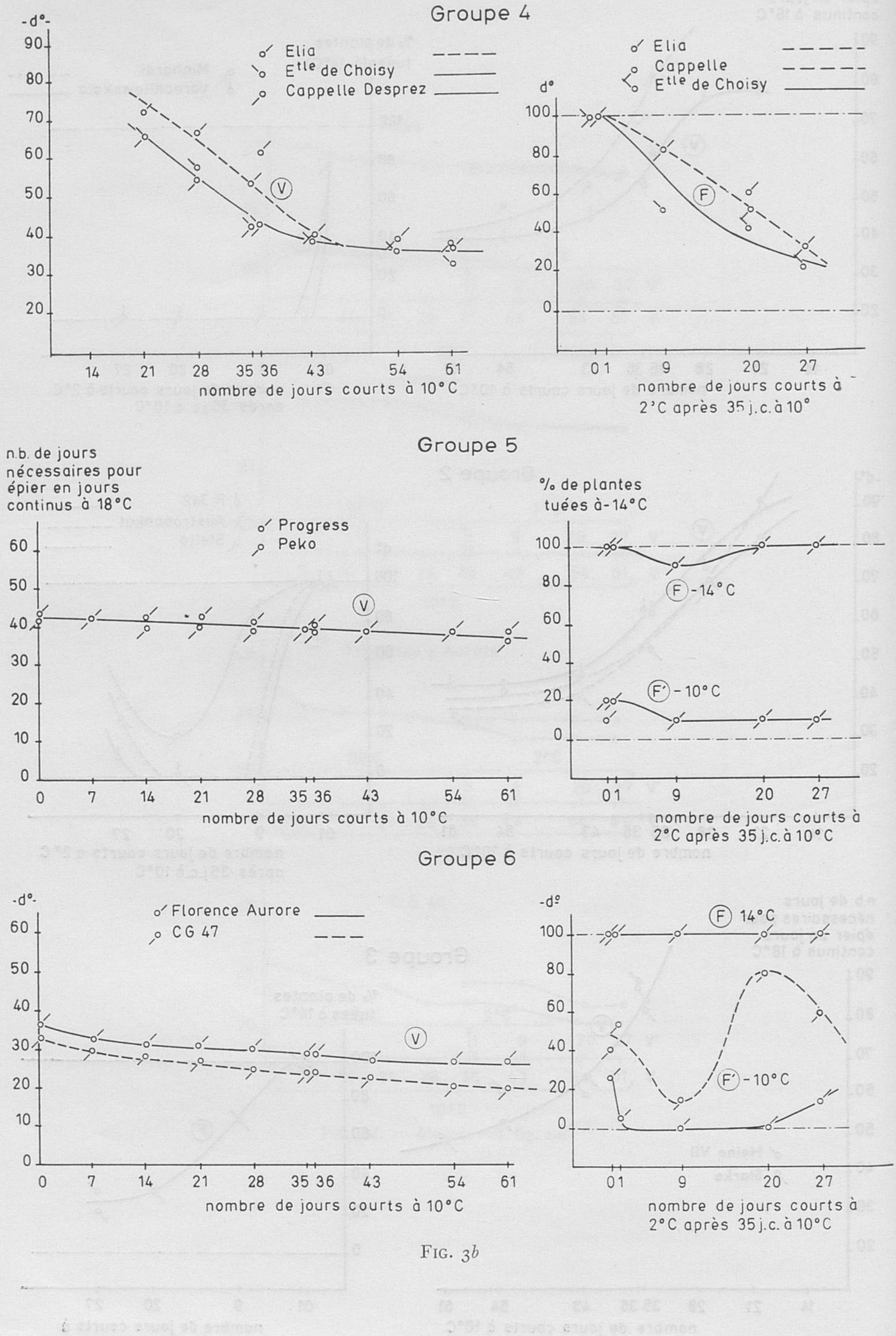

Groupe 4
-d°-
Elia
Ette de Choisy
Cappelle Desprez
V
nombre de jours courts à 10°C
d°
Elia
Cappelle
Ette de Choisy
F
nombre de jours courts à
2°C après 35 j.c. à 10°
Groupe 5
n.b. de jours
nécessaires pour
épier en jours
continus à 18°C
Progress
Peko
V
nombre de jours courts à 10°C
% de plantes
tuées à -14°C
F -14°C
F' -10°C
nombre de jours courts à
2°C après 35 j.c. à 10°C
Groupe 6
-d°-
Florence Aurore
CG 47
V
nombre de jours courts à 10°C
-d°
F 14°C
F' -10°C
nombre de jours courts à
2°C après 35 j.c. à 10°C

FIG. 3b

La *forme* et la *position* des courbes V permet de classer les variétés en groupes de variétés comparables. (fig. 3*a*, 3*b* : courbes V).

— groupe 1 : *Minhardi, Voroschilowskaia ;*
— groupe 2 : *P 342, Austrobankut, Stella ;*
— groupe 3 : *Starke, Heine VII ;*
— groupe 4 : *Élia, Étoile de Choisy, Cappelle-Desprez ;*
— groupes 5 et 6 : *Peko* et *Progress, Florence-Aurore* et *CG 47.*

On reconnaît les variétés « hiver » (groupes 1 à 3), « demi-hiver » (groupe 4) et « printemps » (groupes 5 et 6), suivant leurs exigences de vernalisation (nombre de jours courts à 10°C nécessaire pour parvenir à une vitesse de développement rapide et sensiblement uniforme en jours continus). La vernalisation particulièrement rapide de *Minhardi* et *Voroschilowskaia* qui réagissent, contrairement aux autres variétés, à un seul jour supplémentaire de traitement, confère à ces variétés une réponse très particulière (*groupe 1* : différence entre le traitement 35 et 36 jours courts) ; à l'opposé, *Starke* et *Heine VII* sont encore relativement loin du terme de leur vernalisation au bout de 61 jours courts, et constituent à ce titre le groupe le plus « hiver » (*groupe 3*) ; les trois variétés du *groupe 2* présentent des courbes intermédiaires de celles des groupes 1 et 3.

Un faible ralentissement du développement se manifeste chez les variétés de printemps en fonction de la réduction du traitement jours courts, surtout chez les variétés précoces (groupe 6 : *Florence-Aurore* et *CG 47*).

En regard de ces courbes de vernalisation, les courbes d'endurcissement F et F' définissent la résistance aux basses températures (— 14°C pour F et — 10°C pour F') conférée par les traitements à 2°C, suivant leur durée (ordonnées : % de plantes tuées ; abscisses,: nombre de jours courts à 2°C après 35 jours courts à 10°C). Les courbes F' ne figurent que pour les variétés de printemps, qui sont les seules affectées par le traitement à — 10°C.

On constate que les courbes d'endurcissement sont très variables suivant les variétés, mais conduisent à les répartir en groupes homologues à ceux constitués d'après les courbes de vernalisation : les variétés similaires du point de vue de la vernalisation sont également similaires du point de vue de l'endurcissement.

Ces relations entre les courbes F et V manifestent que *les caractéristiques variétales de vernalisation conditionnent les réponses d'endurcissement.* Cette association admet trois aspects.

a) *L'endurcissement cesse au terme de la vernalisation.*

Les variétés de printemps expérimentées sont très peu sensibles aux traitements vernalisants de jours courts ; on n'observe qu'un faible ralentissement du développement en l'absence de ces traitements ; ce ralentissement *se manifeste plus particulièrement sur les variétés précoces* comme *Florence-Aurore* et surtout *CG 47* (particulièrement précoce).

Après 35 jours de pré-traitement vernalisant, les variétés de printemps ne réagissent pas à l'abaissement de température de 10°C à 2°C *sur le plan du développement* (comme les variétés d'hiver), mais pratiquement pas *sur le plan de la résistance au froid* (elles ne sont capables que d'un endurcissement limité et peu durable :

figure 3*b* courbes F et F'). Ce sont d'ailleurs les variétés précoces qui présentent à la fois une faible réponse de vernalisation et un faible endurcissement (groupe 6, surtout *CG 47*).

b) *L'endurcissement intervient au cours de la vernalisation : les deux processus sont associés.*

1) Aucune des variétés d'hiver n'est complètement vernalisée au bout de 35 jours courts à 10°C, lorsque les traitements d'endurcissement sont appliqués. Les variétés demi-hiver (groupe 4 : *Élia, Étoile de Choisy, Cappelle Desprez*) sont toutefois relativement proches de l'état de complète vernalisation, contrairement aux variétés les plus hiver (groupe 3 : *Starke, Heine VII*).

Toutes les variétés d'hiver réagissent aux traitements à 2°C, sur le plan de l'endurcissement.

2) Les variétés qui admettent des réponses analogues de vernalisation présentent des réponses d'endurcissement analogues (association).

c) *La vitesse de vernalisation n'est cependant pas modifiée par un abaissement de la température alors que cet abaissement est nécessaire à l'endurcissement.*

Les traitements à 2°C augmentent de manière considérable la résistance au froid, mais n'ont pratiquement pas d'influence discernable sur la vernalisation. Sur ce point, les processus d'endurcissement et de vernalisation, bien qu'associés, réagissent de manière indépendante.

3-3. — Discussion

Il ne semble guère possible de lever cette dernière contradiction autrement qu'en localisant l'association entre processus de vernalisation et d'endurcissement au niveau d'une étape intermédiaire de la vernalisation.

On est ainsi conduit à concevoir que la vernalisation est en réalité le résultat de deux processus associés, qui se poursuivent simultanément (fig. 4) :

— un processus préalable (I), qui conduit à une substance intermédiaire S_1, dont l'accumulation accroît la résistance au froid (endurcissement) ;

— un processus subsidiaire (II) qui, en fonction ou à partir de S_1 (agent d'activation ou précurseur), conduit à l'accumulation d'une substance S_2 responsable de l'état de vernalisation.

D'autre part, la vitesse de la vernalisation est ralentie chez les variétés hiver par une répression génétique (gènes majeurs) qui porte sur l'un et (ou) l'autre de ces processus. On sait que la vernalisation est transmissible en l'état de cellules mères à cellules filles (la vernalisation par le froid est effective au stade semences en germination ou même au cours de la formation de l'embryon, après la floraison), mais on observe de plus que le processus I, associé au phénomène d'endurcissement, *cesse pratiquement lorsque la vernalisation est complète :* tout se passe comme si la concentration en S_2 contrôlait l'induction autocatalytique de sa propre synthèse (la vernalisation est transmissible, processus III), tout en réprimant le processus I (répression par le produit final).

D'autres résultats conduisent à identifier l'action défavorable de la température, et plus encore des jours plus longs, sur la vernalisation, à une *répression exercée par le stimulus foliaire actif* (7).

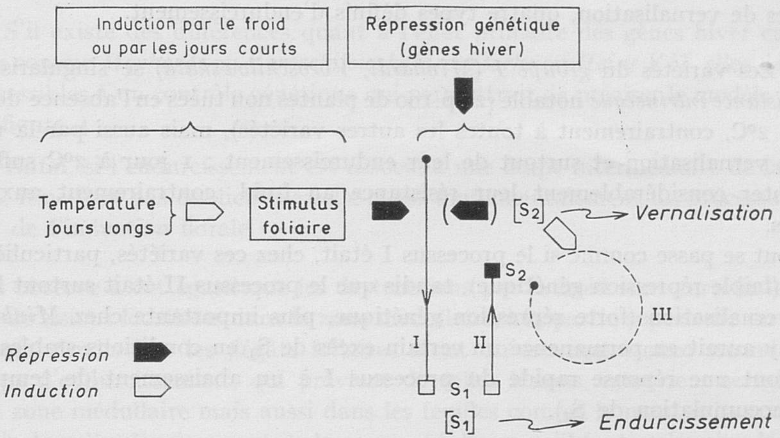


FIG. 4.

Dans le contexte résumé sur la fig. 4, tout se passe comme si une répression de cette nature, contrôlée conjointement par la température et la photopériode, se *localisait sur le processus 1*. Une diminution de température favorise la synthèse de S_1 (processus I), mais *ralentit* son utilisation dans le cadre de la vernalisation (processus II) : il y a *accumulation de* S_1 responsable d'une augmentation de la résistance au froid, tandis que la *vitesse moyenne de la vernalisation n'est guère modifiée* (7).

Cette interprétation du phénomène d'endurcissement, considéré comme associé à l'accumulation de composés déterminés (S_1), s'accorde avec les résultats de LEVITT et *al.* (1961, 1962, 1963). Dans une première série d'expériences (1961-I), ces auteurs observent, sur quatre espèces susceptibles d'endurcissement, que l'endurcissement varie en proportion de la teneur en radicaux thiols (composés SH) ; une autre série d'expériences (1961-II) réalisée sur 15 variétés de blé (notamment *Minhardi, Austrobankut, Heine VII, Étoile de Choisy, Peko*) vérifie ces résultats ; la conclusion proposée est que les radicaux SH sont un facteur primaire de l'endurcissement. LEVITT rappelle que ces radicaux sont fréquemment associés à l'activation d'enzymes ainsi que, dans certains cas tout au moins, à l'activation de plantes de l'état végétatif à l'état floral (CROOK, 1959).

(7) VINCENT A. — Développement du blé — Ann. Amélior. Plantes (publication en cours). L'analyse des processus du développement conduit, par d'autres voies, à une conclusion analogue : la vitesse moyenne de la vernalisation paraît être, dans des conditions défavorables de jours longs naturels, une caractéristique variétale peu dépendante de la température. Cette indépendance relative de la vernalisation vis-à-vis de la température (mais non de la photopériode) implique, à côté des actions contraires de la température sur les processus I et II, des effets de régularisation dus au couplage de ces processus.

En dernière analyse, la vernalisation s'identifie pour l'essentiel à une activation des cellules médullaires, surtout lente chez les variétés d'hiver.

Cette activation, résultat d'un processus d'adaptation *réprimé par le stimulus foliaire,* permet aux cellules médullaires de réagir à ce stimulus par des mitoses *à la fois* génératrices d'entrenœuds et inductrices de l'orientation florale de l'apex.

On peut se demander, dans le cadre de l'interprétation schématisée sur la figure 4, si l'action répressive des gènes hiver sur la vernalisation se localise sur l'un et (ou) l'autre des processus I et II.

Les variétés d'hiver expérimentées présentent, en effet, suivant leurs caractéristiques de vernalisation, quatre types définis d'endurcissement.

a) Les variétés du *groupe 1* (*Minhardi, Voroschilowskaia*) se singularisent par une *résistance intrinsèque* notable (20 p.100 de plantes non tuées en l'absence de traitement à 2°C, contrairement à toutes les autres variétés), mais aussi par la rapidité de leur vernalisation et surtout de leur endurcissement : 1 jour à 2°C suffit pour augmenter considérablement leur résistance au froid, contrairement aux autres variétés.

Tout se passe comme si le processus I était, chez ces variétés, particulièrement rapide (faible répression génétique), tandis que le processus II était surtout limitant de la vernalisation (forte répression génétique, plus importante chez *Minhardi*).

Il y aurait en permanence un certain excès de S_1 en conditions stables (10°C), et surtout une réponse rapide du processus I à un abaissement de température (forte accumulation de S_1).

b) Les variétés du *groupe 2* (*P 342, Austrobankut, Stella*) s'apparentent à ce type, mais leur réponse est moins accentuée (répression du processus I plus importante, mais néanmoins moindre que celle du processus II).

La résistance intrinsèque de ces variétés est insuffisante pour permettre, dans les conditions de l'expérience, une survie quelconque des plantes en l'absence de traitement à 2°C ; toutefois les vitesses de vernalisation et surtout d'endurcissement bien qu'inférieures à celles des variétés du groupe 1, sont nettement supérieures à celles des autres groupes.

Une réponse caractéristique de ces variétés est la réduction appréciable de la résistance au froid au bout d'une longue période à 2°C (27 jours) : il y aurait épuisement de l'excédent de S_1 accumulé (moindre que dans le cas du groupe 1), par suite d'un rétablissement progressif de l'équilibre entre les processus couplés I et II.

c) Les variétés du *groupe 3* (*Starke, Heine VII*) s'opposent à celles du groupe 1 par la lenteur de leur vernalisation et surtout de leur endurcissement. Ce sont également des variétés très « hiver », qui seraient caractérisées par une répression importante du processus II, contrairement aux variétés du groupe 1 (lente accumulation de S_1). Ces variétés ne parviennent pas au niveau de résistance au froid des variétés des groupes précédents, quelle que soit la durée du traitement à 2°C.

d) Les variétés du *groupe 4* (*Élia, Étoile de Choisy, Cappelle-Desprez*) ont des caractéristiques analogues à celles du groupe 3, mais sont nettement moins « hiver ».

Leur endurcissement, également lent, conduit à une résistance au froid analogue ou seulement légèrement moindre dans les conditions de l'expérience. A l'issue de 35 jours à 10°C, ces variétés approchent toutefois du terme de leur vernalisation, contrairement aux variétés du groupe 3. La différence entre ces deux groupes, du point de vue de la résistance au froid, ne porte pas tant sur la vitesse d'endurcissement (faible dans les deux cas), mais sur ce que la possibilité d'endurcissement

est prolongée chez les variétés très « hiver » du groupe 3. Cette différence, dans la nature, est souvent assez marquée.

Deux conclusions générales peuvent être retirées de cette analyse de l'association entre vernalisation et endurcissement.

1) S'il existe des différences quant à l'effet primaire des gènes hiver entre des variétés comme *Minhardi* ou *Voroschilowskaia* et *Starke* ou *Heine VII*, elles devraient être accessibles à un contrôle génétique qui permettrait de préciser le modèle proposé sur la figure 4.

2) Enfin, si l'endurcissement est associé à une étape intermédiaire de la vernalisation, il ne faut pas oublier que celle-ci est fondamentalement un processus déterminant de l'induction florale.

On observe à cet égard que les destructions par le froid sont surtout la conséquence de lésions localisées dans la zone médullaire, à la partie supérieure du plateau de tallage, tandis que les dégâts foliaires n'ont qu'une importance secondaire ; le processus d'endurcissement, qui prévient de telles lésions, intervient certainement dans la zone médullaire mais aussi dans les feuilles comme le montre LEVITT ; c'est toutefois dans l'endurcissement de la zone médullaire qu'il faut rechercher les causes essentielles de la survie des plantes.

Cette localisation *médullaire* des effets principaux de l'endurcissement s'accorde avec la conception suivant laquelle la vernalisation s'identifie, également dans ses effets principaux, à une activation des cellules médullaires [7]. On notera que les radicaux SH, primairement concernés dans le phénomène d'endurcissement suivant LEVITT, ont précisément des propriétés générales d'activation.

Le phénomène d'endurcissement offre ainsi, à côté de son incidence pratique sur la résistance au froid, des possibilités importantes quant à l'analyse des processus fondamentaux du développement.

Reçu pour publication en novembre 1963.

REMERCIEMENTS

Les traitements artificiels ont été réalisés dans les chambres climatisées de la Station centrale de Bioclimatologie. Les auteurs tiennent à remercier le Directeur de cette Station ainsi que R. DURAND, pour leur constante collaboration.

SUMMARY

RESISTANCE TO COLD IN WHEAT. I. RELATION BETWEEN VERNALIZATION AND HARDENING

Two series of experiments are presented and discussed. The first, concerning F_3 « winter × spring », showed the existence of characteristics of resistance to cold usually found only in the « winter » genotypes. The second pursued a physiological study of this type of resistance.

The conclusions can be summarised as follows :

1. Hardening is related to the presence of « winter » genes.
2. The typical spring varieties are incapable of any significant or lasting hardening.
3. Hardening is related to an intermediary stage in the process of « vernalization » ; it seems to occur only during vernalization.
4. Hardening might differ according to the localization of repression by winter genes on the intermediary or final stage of vernalization.

ZUSAMMENFASSUNG

FROSTRESISTENZ BEI WEIZEN.

Zwei Versuchsreihen werden darstellt und besprochen. Die Erste, die eine sich in F_3 befindlichen Kreutzung : Winter × Sommertypus betrifft, zeigt das Vorhandensein von Frostresistenzeigenchaften, die gewöhnlich nur bei « Winter » Genotypen gefunden werden. Die Zweite betrifft eine Untersuchung über die Physiologie dieser Resistenz.

Die Schlussfolgerungen können wie folgt zusammengefasst werden :

1. Die Frostresistenz ist mit der Gegenwart von « Winter ». Genen und mit der Abhärtung verbunden.
2. Die typischen Sommersorten sind zu einer bedeutsamen oder beständigen Abhärtung unfähig.
3. Der Vorgang der Abhärtung ist mit einer Stufe des Vernalisationsvorganges verbunden.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CROOK E. M., 1959. Gluthatione. *Biochem. Soc. Symp.* **17**, 116 p., Cambridge.

DANTUMA G., 1958. Breeding wheat and barley for winterhardiness. *Scht. voor plantenveredeling*, med **18**, 71 p.

KOHN H. et *al*..., 1963 Sulfhydryls. A new factor in frost resistance. V. Direct measurements on proteins and the nature of the change in SH during vernalization of wheat. *Protoplama*, **57**, 556-568.

LEVITT J., et *al*., 1961. Sulfhydryls, a new factor in frost resistance. I. Changes in SH content during frost hardening. *Plant Physiol.*, **36**, 611-616.

LEVITT J., 1962 A sulfhydryls-disulfide hypothesis of frost injury and resistance in plants. *J. Theor. Biol.*, **3**, 355-371.

LEVITT J., et *al*..., 1962. Sulfhydryls. A new factor in frost resistance, III. The relation of the SH increase during hardening to protein glutathione and glutathoine oxidizing activity. *Plant Physiol.*, **37**, 271-266.

SCHMUTZ W. et *al*., 1961. Sulfhydryls. A new factor in frost resistance. II. Relation between sulfhydryls and relative resistance of fifteen wheat varieties. *Plant. Physiol.*, **36**, 617-620.

WAISEL et *al*..., 1962. Sulfhydryls. A new factor in frost resistance. IV. The relation of GSH oxidizing activity to flower induction and hardiness. *Plant Physiol.*, **37**, 272-276.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (1), 5765

AMÉLIORATION DE LA RÉSISTANCE AUX ROUILLES DU BLÉ EN ISRAEL (1)

J. EPHRAT

Station de Recherche agronomique, Rehovot, Beït Dagan, Israël

SOMMAIRE

La création de variétés résistantes aux diverses Rouilles constitue un des problèmes majeurs de la sélection du Blé en Israël.

La connaissance des races physiologiques très nombreuses de ces parasites a une importance primordiale.

Les méthodes de sélection sont adaptées aux possibilités matérielles dont disposent les centres de sélection.

Toutes les espèces de Rouille trouvent en Israël un milieu écologique très favorable à leur développement et à leur propagation. Aussi faut-il que les travaux d'amélioration du Blé soient orientés vers la création de variétés résistantes à ces parasites.

LES PARASITES

Les dégâts les plus spectaculaires sont occasionnés dans notre pays par les épidémies de Rouille noire (*Puccinia graminis tritici* ERIKS. et HANN.). Les attaques de la Rouille brune (*Puccinia recondita* ROB. et DESM.) sont généralement moins graves mais les dommages causés par ce parasite n'en sont pas moins appréciables, étant donné sa présence endémique et son ubiquité. Quant à la Rouille jaune (*Puccinia glumarum* (SCHM.) ERIKS. et HANN.), son comportement est caractérisé par une sporadicité très prononcée ; elle se « dérobe » souvent pendant plusieurs années successives, pour réapparaître brusquement, en causant de graves dégâts chez les variétés sensibles.

(1) Contribution de l'Institut National et Universitaire Agronomique, Rehovot, Israël, nº 606-F.

La création de variétés résistantes, seul moyen de lutte efficace et économique contre ces maladies, n'est réalisable qu'à l'aide d'une connaissance approfondie des pathogènes. Leur étude est poursuivie chez nous par une équipe compétente et comporte l'identification continuelle de races physiologiques, la détermination de leur importance et de leur dynamisme épidémiologique, dans les diverses régions du pays ; ces notions sont complétées par une étude en serre des réactions variétales à l'égard des races repérées. Parallèlement, on poursuit l'étude du comportement des variétés dans les conditions naturelles à l'échelon régional, ce qui permet de dégager le matériel génétique résistant, indispensable aux travaux d'amélioration.

Les races de *Rouille noire* les plus répandues en Israël sont actuellement : race 14 (60 à 70 p. 100 du nombre total de déterminations) ; Race 21 (20 à 30 p. 100 des déterminations) ; race 53, de loin moins fréquente (1 p. 100). Les autres races (11, 15, 34, 40, 194 et 222) ne constituent, toutes ensemble, que 1 p. 100 environ de la population globale de cette Rouille (GERECHTERZ, 1962).

L'amélioration visant à la résistance aux races 14, 21 et 53 est donc de première nécessité ; quant aux autres races, bien que ne causant pas, jusqu'ici, de dommages d'importance économique, elles constituent néanmoins un danger latent, dont on doit tenir compte à plus longue échéance.

En ce qui concerne la *Rouille brune*, on rencontre le plus souvent le groupe 26-107, qui, selon l'opinion de GERECHTER (1962), ne constitue qu'une seule race, dont le comportement change en fonction de la température ambiante. En second lieu, par ordre d'importance, vient la race 20 ; les races 11, 14 et 56 ne surviennent que très rarement.

L'étude de la *Rouille jaune* est gênée par la sporadicité de ses épidémies, ce qui entrave l'expérimentation en plein champ. Il s'y ajoute la difficulté de procéder aux infections artificielles du fait de la température optimum requise pour le développement de ce parasite ; le même facteur conditionne la vitalité des spores au cours de l'été torride, ce qui nécessite des installations appropriées, dont nous ne disposions pas dans le passé. Seule la race 20 A a été décelée jusqu'ici, grâce à la collaboration de nos pathologistes et de leurs collègues européens. (FUCHS EWY, 1962).

LE COMPORTEMENT DES VARIÉTÉS COURANTES DE BLÉ A L'ÉGARD DES ROUILLES

Rouille noire.

Les variétés de Blé cultivées en Israël jusqu'à 1962 étaient pour la plupart sensibles à la Rouille noire, à l'exception de deux variétés de Blé dur : *Giza « Hazera » 4-50* (moyennement résistante) et *Noursit « Hazera » 163* (très résistante à toutes les races prédominantes, sauf à la race 11). Mais, étant donnés les défauts agronomiques de ces variétés et leur sensibilité aux autres rouilles, la situation n'en reste pas moins grave dans ce domaine.

Rouille brune.

Toutes les variétés courantes, sans exception, accusent une sensibilité à cette Rouille.

Rouille jaune.

Florence × Aurore 8193, la plus courante des variétés de Blé en Israël, se distingue heureusement, par une très bonne résistance à la Rouille jaune (tout en étant sensible aux deux autres espèces de Rouille) ; les autres variétés sont plus ou moins sensibles à ce parasite.

La résistance vis-à-vis des trois Rouilles n'est donc réunie chez aucune des variétés courantes.

Géniteurs résistants

Afin d'établir un programme d'amélioration il fallait tout d'abord repérer des géniteurs résistants, tâche difficile à cause de l'existence de nombreuses races physiologiques. Le problème était surtout urgent pour le Blé tendre, dont toutes les variétés courantes sont sensibles à la Rouille noire et brune. Des variétés se distinguant par une résistance à toutes les races de Rouilles existantes en Israël, sont évidemment les plus désirables comme géniteurs. De nombreuses variétés envoyées pour la plupart par la FAO et par M. Loegering (États-Unis) ont été examinées. Les variétés de Blé tendre les plus résistantes qui aient été mises en évidence sont : *Yaqui 53, Yaqui 53 A, Yaqui × Aguilera — Newthatch ; Yaqui × Aguilera — Kenya 324, Frontana × Kenya 58 — Newthatch, Mida × Mc Murrachy — Exchange, Frontana — Kenya × Renacimento — Kenya ; Reward 44 — H 44 × Rhodesian ; Timstein — Kenya × Kenya ; Candeal × (Kenya — Aguilera × Candeal)*.

Les variétés énumérées constituent à présent la base de notre programme d'amélioration pour la résistance ; cependant, comme elles sont toutes de type Blé tendre, leur utilisation dans les croisements avec le Blé dur présente des inconvénients de nature génétique ; pour parer à cette difficulté nous avons eu recours à la méthode de recroisement. Par ailleurs, nous avons mis à profit la résistance à la Rouille noire de la variété de Blé dur, *Noursit 163*, malgré sa sensibilité à la race 11, qui, comme nous l'avons déjà constaté, ne se rencontre que très rarement ; toutefois ce défaut devra être, le cas échéant, corrigé ultérieurement, peut-être aussi par la même méthode de recroisement.

Méthodes d'amélioration appliquées à la station centrale de Beit-Dagan

Du fait de la gravité du problème, la recherche sur la résistance est toujours incluse en Israël dans les projets d'amélioration du Blé. Néanmoins, dans la plupart des cas, ce sujet ne constitue qu'un des nombreux objectifs à atteindre, et figure conjointement avec les autres buts de l'amélioration, tels que l'augmentation de productivité, la résistance à la verse, le rythme de développement approprié, la résistance à la sécheresse et à l'échaudage physiologique, etc.

Cependant, la résistance aux Rouilles constitue dans certains projets l'objectif principal, voire unique.

Celui-ci détermine en grande partie les méthodes et les techniques appliquées, mais d'autres facteurs, comme la nature des géniteurs, les facilités techniques et budgétaires, jouent, eux aussi, un rôle considérable dans le choix des méthodes.

Méthode des populations hybrides

Cette méthode a été décrite par plusieurs auteurs (Hayes, Immer, Smith, 1955 ; Harrington, 1953 ; Poelman, 1959 ; Valdeyron, 1961). Elle consiste en principe en une multiplication des descendants d'une hybridation pendant les premières générations hybrides, sans procéder à la sélection proprement dite ; ce n'est qu'au bout de cette période que l'on effectue la sélection individuelle, la population ayant déjà subi le gros du processus de disjonction. Par conséquent, chaque plante choisie sera déjà assez fixée génétiquement, le degré de la stabilisation génétique dépendant du nombre de gènes en jeu et de la génération hybride dans laquelle on effectue la sélection. C'est la formule $\left(\frac{2^r - 1}{2^r}\right)^n \times 100$ qui nous indique la proportion d'homozygotes à l'égard de tous les allèles, par lesquels diffèrent les deux géniteurs, où n = nombre des allèles en jeu et r = nombre des générations en disjonction ($F_2 = 1$, $F_3 = 2$ etc). Ainsi pour 3 allèles par lesquels diffèrent les géniteurs, nous aurons en $F_5\left(\frac{2^4 - 1}{2^4}\right)^3 \times 100$ pour cent de plantes homozygotes pour les 3 gènes, soit 82,5 p. 100 (Hayes, Immer, Smith, 1955). Cette formule n'est, bien entendu, exacte que pour les plantes absolument autogames, mais elle demeure pratiquement vraie pour le Blé en Israël, où la proportion de pollinisation croisée est très faible (Ephrat, 1962), et ne joue qu'un rôle négligeable. Voici les principales considérations qui nous ont amené à l'adoption de la méthode des populations hybrides lors du début de notre travail :

— des limitations d'ordre budgétaire ; cette méthode, dans ses premières étapes, n'exige qu'une simple multiplication des populations hybrides, ce qui n'entraîne pas de frais considérables. Ceci a permis la réalisation d'un grand nombre de croisements, en dépit des moyens modestes mis à notre disposition dans les premières années de notre travail ;

— La réalisation des croisements à grande échelle, par ailleurs très avantageuse à beaucoup d'égards, s'imposait au début du programme ; l'étude des collections n'était qu'entamée et ne progressait que graduellement et l'on n'avait pas encore la certitude que les variétés paraissant résistantes lors des premières observations sommaires, continueraient à manifester ce caractère ultérieurement, après avoir subi des examens par des moyens plus raffinés.

Nous nous trouvions donc devant l'alternative de différer la réalisation du programme et de définir d'abord de façon plus précise la valeur des géniteurs disponibles, ou bien de réaliser de nombreux croisements à partir des variétés dont la résistance n'était pas encore définitivement prouvée.

Nous avons opté pour la deuxième éventualité, ce qui entraîna logiquement le choix de la méthode des populations hybrides.

Une quarantaine d'hybridations a été exécutées en 1956 et 1957, en utilisant quinze géniteurs supposés résistants, ainsi que les variétés courantes les plus importantes. Les hybrides ont subi ultérieurement une multiplication en populations non sélectionnées au cours de quatre ou cinq générations successives. Entre temps, il fut possible de démontrer la valeur relative des géniteurs à l'égard de leur résistance aux Rouilles, ce qui nous a permis de supprimer toutes les populations dont les deux

géniteurs ne se distinguaient pas par leur résistance. Par conséquent, la sélection des lignées a été réalisée uniquement dans les populations hybrides, dont un des géniteurs se caractérisait par une résistance prononcée durant les quatre ou cinq ans dans toutes les pépinières uniformes situées dans les diverses régions du pays, et qui se comportaient de manière identique envers les contaminations artificielles en serre, effectuées au stade plantule avec toutes les races prédominantes en Israël ; quant au Blé dur nous avons dû renoncer, temporairement, à rechercher la résistance à la race 11 de *Puccinia graminis*, car nous n'avons pas trouvé chez cette espèce, de géniteur résistant à ce biotype, par ailleurs très rare dans notre pays.

La sélection individuelle a été réalisée pour la première fois en 1960 dans les populations hybrides de Blé dur et en 1961 dans celles de Blé tendre. Toutes celles-ci étaient alors en F_4.

Détails sur les techniques appliquées a Beit-Dagan en ce qui concerne la méthode des populations hybrides

1°) *Stade de multiplication massale*

a) Les semis sont effectués à grands écartements entre lignes (de l'ordre de 45 à 50 cm) et on sème relativement clair sur la ligne, ceci pour atténuer, autant que possible, l'effet de la sélection naturelle qui pourrait influencer défavorablement la composition de la population en état de disjonction, en éliminant les lignées à développement réduit, qui est par ailleurs un caractère positif dans nos conditions écologiques.

b) On procède, dans la mesure du possible, à l'enlèvement des pieds touchés par les Rouilles, ce qui permet d'augmenter la proportion des gènes de résistance au sein des populations hybrides.

c) Le passage des semences par un tamis à fentes de 2,5 ou 2,8 mm, selon la nature des grains, et le semis des grains retenus, car les plantes atteintes produisent, en règle générale, des grains échaudés.

2°) *Stade de sélection*

a) Étant donné que la sélection débute en F_4, avant que les lignées n'aient été fixées, on emploie la sélection généalogique pour les lignées intéressantes au cours des générations suivantes ; le nombre d'années de sélection dépend du comportement génétique d'une lignée donnée. La sélection est très souvent remise à une génération plus avancée ; elle s'effectue alors sur un nombre restreint des meilleures lignées, dont les avantages ont été déjà mis en relief par les essais variétaux préliminaires. Ceci distingue notre technique des méthodes massales « classiques », comme par exemple celle décrite par Harrington (1963) qui préconise la première sélection individuelle en F_{10} ou F_{11}, ou bien la méthode présentée par d'autres auteurs (Hayes, Immer, Smith, 1955 ; Poelman, 1959 ; Valdeyron, 1961) : — sélection en F_6, pratiquement sans resélection. La technique que nous avons conçue comporte les principaux éléments des méthodes décrites par ces auteurs en les conciliant avec la sélection différée préconisée par Seguela (1941).

b) Lors de la première sélection individuelle, par suite du grand nombre de lignées semées en pépinière, on se contente d'une infection en plein air, provoquée par contamination artificielle avec les spores des principales races de Rouilles, multipliées spécialement dans ce but. Pour mieux assurer l'infection, on sème un mélange de six à sept variétés sensibles dans les allées et autour de la pépinière.

c) Le nombre des lignées diminue et atteint un chiffre raisonnable, par suite des éliminations successives, réalisées en tenant compte du comportement à l'égard des Rouilles et des caractères agronomiques. On étudie alors leur réaction à toutes les races repérées dans le pays à l'aide d'inoculations artificielles effectuées en serre et on poursuit d'autre part l'étude de leur comportement dans dix à douze pépinières régionales.

d) Parallèlement, ces lignées sont examinées pour d'autres caractères, tels que : productivité, verse, phénologie etc, d'abord en microparcelles, puis en essais comparatifs de variétés. Les résultats de ces essais, ainsi que l'examen de la résistance des lignées retenues servent de base à leur enregistrement sur la liste des variétés recommandées et, ensuite, à leur distribution en culture.

Méthode de recroisement

Les méthodes d'isolement pédigrée et de populations hybrides, présentent le risque de disperser parmi les descendants en disjonction le grand nombre de gènes « avantageux » qui ont été accumulés dans une variété de valeur ; cette accumulation favorable de gènes est particulièrement difficile à retrouver dans une seule lignée dans le cas où le deuxième géniteur présente une moindre valeur agronomique, son rôle se restreignant à l'apport d'une ou de deux qualités qui font défaut chez l'autre variété.

La méthode de recroisement s'impose donc logiquement lorsqu'on vise à reconstituer chez une variété l'ensemble des caractères d'un seul des géniteurs (géniteur récurrent), en lui ajoutant en même temps des qualités à hérédité simple, déterminées par un ou deux gènes et portées par l'autre géniteur (géniteur non-récurrent).

La rapidité relative avec laquelle il est possible d'atteindre le but du travail est un autre avantage de la méthode de recroisement ; ce facteur peut jouer un rôle décisif dans un pays où, comme dans le nôtre, la vitesse d'évolution des races et la virulence des Rouilles sont considérables.

Néanmoins cette méthode ne pouvait être envisagée au début de notre travail, puisqu'à cette époque nous n'étions pas encore en mesure de désigner les variétés pouvant assumer le rôle de géniteurs récurrents.

Entre temps les recherches ont considérablement progressé. Les résultats des essais comparatifs ont mis en relief la valeur de plusieurs variétés de blé tendre, d'abord de *Florence* × *Aurore,* puis de nombreux hybrides mexicains ; ces variétés, qui se distinguent par l'ensemble de leurs qualités agronomiques, présentent toutefois des imperfections, surtout en ce qui concerne leur comportement vis-à-vis des Rouilles, ce qui limite leur productivité réelle. La mise en œuvre de la méthode de recroisement s'imposait alors logiquement, d'autant plus que nos pathologistes étaient parvenus à déterminer, du moins partiellement, le degré de résistance des variétés disponibles.

L'idée maîtresse du programme établi en 1959 était d'aboutir à des variétés qui seraient pratiquement identiques aux géniteurs récurrents quant à l'ensemble de leurs caractères, mais présentant une résistance améliorée aux Rouilles. Ceci devait être réalisé par des procédés « classiques » de la méthode de recroisement comportant cinq à six recroisements par les géniteurs récurrents (HAYES, IMMER, SMITH, 1955 ; POELMAN, 1959).

Néanmoins, ces idées, aussi simples et logiques qu'elles paraissaient au début, ont dû être révisées au fur et à mesure de la mise en œuvre du programme. La tendance qui prévaut chez nous actuellement est de se limiter à un ou trois recroisements (« recroisement incomplet »), selon le cas, suivis ultérieurement de sélection pédigrée, donc une synthèse des deux méthodes.

Il s'ensuit que la sélection même devient fort simplifiée par rapport à la méthode pédigrée usuelle, grâce à la prédominance de types proches des géniteurs récurrents.

Plusieurs considérations nous ont amenés à cette conclusion, dont voici les principales :

1°) Nous redoutions, dans une certaine mesure, les conséquences héréditaires d'un nombre trop poussé de recroisements répétés. Dans l'état actuel de nos connaissances, ce ne sont pas, dans la plupart des cas, les facteurs majeurs seuls qui déterminent la résistance ou la sensibilité vis-à-vis d'un biotype ou d'un groupe de biotypes de Rouille. Des gènes modificateurs et des interactions entre le « milieu génétique » d'un génotype et les gènes de résistance jouent, eux aussi, un rôle considérable dans la manifestation finale du caractère. Le danger de ne pas parvenir à garder la totalité de ces gènes augmente évidemment avec le nombre de recroisements par le géniteur sensible, ce qui pourrait conduire à un affaiblissement de la résistance par rapport à celle qu'apporte le géniteur non-récurrent (BRIGGS, 1958 ; POCHARD, HUET, VERGARA, 1960).

2°) Le choix des pieds hybrides pour chaque recroisement doit s'effectuer à la suite de contaminations artificielles exécutées de préférence, en serre. Certes, ce choix ne présente pas de sérieuses difficultés lorsqu'il s'agit de la Rouille noire, puisque la résistance à cette Rouille s'est avérée dominante dans tous les cas examinés par nous. Cependant, même pour cette Rouille, il y a encore des complications provoquées par le nombre de ses biotypes prédominants en Israël, la base de la résistance pouvant être différente même chez une seule variété résistante.

L'inoculation des mêmes plantules par les neuf races existantes actuellement dans le pays présente des inconvénients considérables. On pourrait se limiter aux inoculations par les deux ou trois biotypes les plus fréquents, mais on risquerait ainsi de créer des variétés dont la résistance ne serait que passagère, puisque les résultats du travail pourraient se trouver anéantis en cas d'expansion soudaine d'une des races préexistantes dans le pays. Aussi est-il nécessaire pour parer à cet inconvénient, de procéder pour chacune des variétés récurrentes, à plusieurs séries de recroisements parallèles et complémentaires. On peut même utiliser un seul géniteur non-récurrent dans toutes ces séries à condition que celui-ci se distingue par une résistance à tous les biotypes en jeu. Dans chacune de ces séries on choisira les pieds à recroiser à chaque génération après testage avec deux ou trois biotypes au maximum, toujours les mêmes. En conséquence on obtiendra, à l'issue du programme, plusieurs variétés dites « isogènes » quant à l'ensemble de leurs caractères, mais

qui ne le sont peut-être pas en ce qui concerne la nature de leur résistance à la Rouille noire. Il faudra donc encore examiner le comportement de ces variétés « isogènes » vis-à-vis des races à l'égard desquelles elles n'avaient pas été éprouvées lors des générations précédentes. Cet examen pourra déceler si :

a) toutes les variétés isogènes sont résistantes à tous les biotypes, même à ceux à l'égard desquels elles n'avaient pas été éprouvées dans les stades antérieurs du programme ; dans ce cas on peut procéder aux travaux complémentaires de fixation à partir de n'importe laquelle de ces variétés ;

b) la base de résistance des « variétés parallèles » obtenues est différente ; la solution qui s'impose alors est d'effectuer des hybridations entre les meilleurs représentants de ces variétés et d'isoler, à partir de la F_2, des pieds qui se distinguent par la résistance combinée de leurs géniteurs directs. Ce schéma n'est pas différent de celui proposé par MacKey pour des programmes parallèles et convergents lorsqu'on utilise plusieurs géniteurs non-récurrents avec un seul géniteur récurrent (MacKey, Ausemus, 1958). La solution nous paraît raisonnable, mais avec un nombre trop poussé de recroisements on perd la rapidité de la méthode, c'est-à-dire un de ses avantages les plus importants. Il va de soi que les difficultés augmentent lorsqu'on est obligé d'incorporer dans la même variété récurrente la résistance à plus d'une seule espèce de Rouille.

3°) La méthode de recroisement n'était pas utilisée chez nous jusqu'ici lorsqu'il s'agissait de la résistance à la Rouille jaune. Nous avons déjà mentionné la sporadicité de cette maladie et les difficultés que présentait l'examen systématique de la résistance à ce parasite en serre.

4°) Quant à la Rouille brune, c'est la dominance de la sensibilité dans certains cas qui rend impossible de déceler à chaque génération les porteurs du gène désiré, celui-ci étant masqué par son allèle dominant. Une solution possible est celle proposée par Harrington (1953) qui préconise de ne procéder aux recroisements que deux générations sur trois. La perte de temps qui en résulte ne présenterait pas, il est vrai, de grand inconvénient, si nous disposions d'installations appropriées permettant d'obtenir trois récoltes par an ; mais dans l'état actuel d'absence d'installations à air climatisé, cela se traduirait ,pour un programme basé sur cinq ou six recroisements, par un retard de deux ans.

Outre ces considérations de nature génétique et technique, il faudrait encore évoquer le problème d'avenir de la céréaliculture dans notre pays en général. L'agriculture israélienne, en devenant de plus en plus intensive, doit faire appel à des variétés à productivité très élevée. Des variétés telles que *Florence* × *Aurore*, qui nous satisfont actuellement, risquent d'être insuffisantes dans un proche avenir.

Or la méthode de « recroisement complet », visant la reconstitution fidèle de la variété de départ (géniteur récurrent), ne peut être conçue que comme un moyen de stabilisation et de fixation du matériel en fin d'étude. Elle est très utile lorsque la productivité des variétés se trouve en équilibre avec l'ensemble des conditions culturales et économiques. Cependant sa nature conservatrice ne se prête pas du tout à de nouveaux progrès, allant au-delà des limites atteintes. La productivité de nos variétés, même des meilleures, reste encore en deçà de celles qui sont utilisées dans la plupart des pays évolués ; aussi les méthodes d'amélioration auxquelles

nous faisons appel ne doivent-elles pas être exagérément conservatrices. C'est donc la méthode de « recroisement incomplet » qui nous paraît appropriée pour remplacer le « recroisement complet ». Cette méthode permet encore de stabiliser les résultats atteints mais elle n'exclut pas de nouvelles recombinaisons et transgressions.

Reçu pour publication en octobre 1963.

SUMMARY

BREEDING WHEAT FOR RUST RESISTANCE IN ISRAEL

Rust resistance is one of the most important problems of Wheat breeding in Israël.

The most prevalent biotypes of stem rust in our country are races 14, 21 and 53, of leaf rust the 26-107 group and race 20 ; other races of these two rust species are extremely rare. As to the yellow rust, until recently only the biotype 20 A was identified.

Some of the commercial wheat varieties show resistance to one rust species, but none of them is resistant to all rusts.

Breeding work aiming at a combined higher resistance to all rusts was started in 1956. The breeding program includes a systematic and continuous investigation of the pathogenes and hybridizations between agronomically valuable varieties and resistant material.

The handling of the hybrid material is carried out in two ways :

A. the bulk-method, mostly combined with « delayed individual selection » ;

B. the incomplete backcross method (1—3 backrosses) with subsequent pedigree selection.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRIGGS F. N., 1958. Backcrossing — its development and present application. *Proc. First Internal. Wheat Genet. Symp.*, Winnipeg, Canada, 8-9.

EPHRAT J., 1962. La pollinisation croisée chez le blé dur en Israël. *Bull. Éc. Natle. Sup. Agron. Nancy*, **4**, fasc. 1, 16-19.

FUCHS Ewa, 1962. (*Communication personnelle* à M. GERECHTER.)

GERECHTER Z., 1962. (*Communication personnelle* à l'auteur.)

HAYES H. K., IMMER F. R., SMITH D. C., 1955. *Methods of plant breeding*, MacGrow-Hill Book Comp., New York, London, Toronto.

HARRINGTON J. B., 1953. *Manuel du sélectionneur de Céréales.* Coll. FAO, Rome, Cahier **28**.

MAC KEY J. F., AUSEMUS E. R., 1958. *Proceed. of the First Internat. Wheat Genetics Symposium* (Discussion) Winnipeg, Canada, p. 10.

POCHARD E., HUET J., VERGARA S., 1960. Étude génétique de la résistance à un biotype de Rouille noire (*Puccinia graminis* var. *tritici.* race 21). I. Facteurs de résistance portés par les variétés de Blé tendre *G 30-3, Celebration, MacMurrachy* et *Nord-Desprez. Ann. Amélior. Plantes*, **10**, 61-84.

POELMAN J. M., 1959. *Breeding field crops.* Henry HOLT and Comp., New York.

SEGUELA J. M., 1941. Technique de la sélection du blé en Tunisie. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie*, 18, 67-143.

VALDEYRON G., 1961. *Génétique et amélioration des plantes.* J. B. Baillère et fils, Paris.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (1), 67-85

APTITUDE FRUITIÈRE ET APTITUDE FORESTIÈRE DES CLONES DE CHÂTAIGNIER

G. SOLIGNAT

Station d'Amélioration du Châtaignier et du Noyer, Malemort sur Corrèze (Corrèze)

SOMMAIRE

L'étude des tailles atteintes en fonction des diamètres à la base, d'une part des rejets de souche non étranglés l'année du marcottage en cépée, et d'autre part des plants racinés cultivés en pépinière pendant deux années consécutives, montre que pour le clone de châtaignier *M 15*, les trois droites de régression obtenues sont sensiblement parallèles. Pour le clone *AW 74* il se produit entre l'année du marcottage et la première année de plantation, un changement de pente brusque, qui se maintient au cours de la deuxième année de pépinière. Ce changement de pente est en corrélation avec une mise à fruit plus rapide et un développement plus faible pour le clone *AW 74* que pour le clone *M 15*.

INTRODUCTION

La châtaigneraie traditionnelle, telle qu'elle peut être observée dans les régions castanéicoles françaises et même étrangères, est généralement constituée d'arbres de haute taille, au développement souvent imposant. Son exploitation est à deux fins. Les arbres produisent d'abord des fruits, de valeurs diverses d'ailleurs, pendant plusieurs années, puis finalement sont exploités. Le bois obtenu approvisionne les usines d'extraits tannants et de pâte à papier, ou quelquefois, selon les régions, sert de bois d'œuvre. Le fruit récolté, même s'il est de qualité, est pratiquement un produit de cueillette, et si, dans les temps anciens, la châtaigneraie a pu être travaillée et soignée, en fait, elle ne l'est maintenant que très rarement.

Les conjonctures économiques actuelles rendent une telle châtaigneraie peu rentable, d'où l'abandon où elle est trop souvent laissée de nos jours. Si, pour certaines régions favorisées, une reconversion en d'autres cultures est possible, voire

même souhaitable, pour d'autres, le châtaignier est encore l'arbre qui peut et doit permettre aux habitants de tirer des sols peu ou moyennement riches, des revenus appréciables et certains. Il faut alors considérer le châtaignier comme un arbre fruitier, et comme tel, il doit faire l'objet de plantations systématiques en vergers, soumises à des soins culturaux.

On se doit donc présentement de considérer de plus en plus le châtaignier sous un double aspect : soit fruitier proprement dit, soit forestier producteur de bois. En conséquence, il est indispensable que les sujets destinés à réaliser l'une et l'autre de ces plantations aient des aptitudes différentes, nettement définies et propres à la spéculation particulière poursuivie.

Le châtaignier fruitier, qu'il soit porte-greffe ou producteur direct, se distinguera par un développement réduit ou relativement réduit, permettant une plantation dense et des traitements aisés ; il doit en outre être capable de faire mettre ou de mettre à fruits rapidement. Le châtaignier à bois au contraire, devra avoir une croissance rapide, être susceptible d'atteindre un grand développement ; la date de mise à fruits et la qualité de ceux-ci important peu d'ailleurs.

La discrimination entre ces deux aptitudes, fruitière et forestière, doit pouvoir être rapidement effectuée au cours de la sélection des clones pour leur résistance à la maladie de l'Encre (*Phytophthora*) et à la maladie du Chancre de l'écorce (*Endothia parasitica*). Les observations faites à la Station d'Amélioration du Châtaignier et du Noyer, ont permis de mettre en évidence un procédé facilitant cette discrimination dans un temps relativement court.

MÉTHODES EXPÉRIMENTALES ET MATÉRIEL UTILISÉ

Les observations ont été faites sur deux clones : *M 15* et *AW 74*, tous deux hybrides naturels de *C. crenata* (Châtaignier japonais) par *C. sativa* (Châtaignier indigène). Le premier est issu d'une pépinière située à Migoule près de Brive (Corrèze), le second d'une pépinière située à Lalevade d'Ardèche (Ardèche). Ils ont été sélectionnés pour leur résistance à la maladie de l'Encre, ainsi que leur bonne aptitude à l'enracinement lors du marcottage en cépée. Ils font d'ailleurs actuellement l'objet d'une multiplication intensive dans les pépinières de la Société de Reboisement en Châtaignier de Brive (Corrèze).

Dans ces pépinières, l'observation de la végétation des rejets obtenus à la fin de l'année de marcottage met en évidence une différence de vigueur entre les deux clones :*M 15* s'avère plus vigoureux que *AW 74*. Après sevrage du pied-mère, les plants racinés désignés communément sous le vocable (0 — 1 + 0) sont repiqués en pépinière à Pompadour (Corrèze) et rabattus systématiquement à 10-15 cm du sol. Cette replantation est faite pour que les racines relativement fragiles obtenues lors du marcottage puissent s'affermir, se renforcer en nombre et en quantité. Ainsi après cette année de culture en pépinière, les plants obtenus désignés sous le vocable « plants (0 — 1 + 1) » ont le maximum de chance de reprise, même dans les conditions de plantation peu favorables. Précisons que pendant cette année les plants ne reçoivent aucune fumure, mais seulement des façons d'entretien. Certains de ces plants (0—1 + 1) sont distribués aux producteurs comme porte-greffes, le solde reste un an de plus en pépinière, devenant alors des « plants (0 — 1 + 2) ». L'observation directe montre qu'au cours de ces deux années de végétation, la différence dans la vigueur de développement est nettement visible et se maintient toujours dans le sens *M 15* plus vigoureux que *AW 74*.

Lors de la récolte des plants (0 — 1 + 0), des mensurations ont été faites sur les rejets non étranglés et non racinés, laissés comme tire-sève à la souche mère. Ces mensurations ont porté d'abord sur le diamètre du rejet pris à 5 cm du point d'insertion au pied-mère ; ce diamètre exprimé en millimètres est désigné par C_0. Elles ont porté également sur la hauteur totale du rejet mesurée entre le niveau auquel a été pris C_0 et le sommet du rejet ; cette taille exprimée en centimétres est désignée par T_0. Les mensurations ont porté sur un minimum de cent rejets, pris au hasard sur les lignes de pieds-mères (tabl. 1 et 4).

TABLEAU I

Clone M 15

Tailles et diamètres à la base — Rejets (0—1 + 0)

T° → / C° ↓	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	N
35																						1																			1
34																																									
33																																									
32																																									
31																																								1	1
30																1										1						1									3
29																																									
28																						2																			2
27																																									
26																															1		1								2
25										1					1							2	1		1	7	1	3		2	1					1	1	1			23
24																												1					1								2
23												1		1								1								1						1					5
22																				1		1											1								3
21																		1				3		1		2		1		2											10
20						1	1					1		6	1	1		4	1	1		8	1		2	4	1	1			1	3	2	1							41
19								1										1		1			1																		4
18														1	1							3		1		1															7
17						1				1		1						2				1																			6
16	1												1					1		1																					4
15				1		2		1	1	2				1				1				6			1																16
14								1																																	1
13																																									
12		1																																							1
11																																									
10				1																																					1
	1	1		2		4	1	3	1	4		3	1	9	3	2		10	1	4		28	3	2	4	15	2	6		5	3	4	5	1		2	1	1		1	133

TABLEAU 2

Clone M 15
Tailles et diamètres à la base
Plants (0 — 1 + 1)

T1 → / C1 ↓	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	N
22											2												1	3
21									1			1		1						1	1		1	6
20							1		1						1		2		1		1			7
19			1					1			1		1	1	3									8
18					1		2	1	2				1		1	1			1					10
17					3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1				1					15
16				3			1	2	2	2				1										11
15			1	1		1	1	3			3		3	2	1	2								18
14		1		1		1	2	1	1				1	1	1									10
13					2	1	2			2	1		1											9
12	1		1				1		1	1														5
11				1																				1
	1	1	3	6	6	4	12	9	9	6	8	2	7	7	6	6	2		3	1	2		2	103

TABLEAU 3

Clone M 15
Tailles et diamètres à la base
Plants (0 — 1 + 2)

T2→ C2↓	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	N
32																																	1						1			2
31																							1											1								2
30															1						1				1					1	2		1				1	1			1	10
29																			1	1				1							2						1	1				7
28													1						1					1	1	3		2			2			4	1	1	1		1			19
27											1					2		1		3	1	1	4	4	3		1	1	1			1	1		1				1			27
26															1			2		1	2	1	1	2	3		1	1	1		3	2	1									22
25												1			2	3	2		2	1		2	1	1				1	1	2	2	1	2									24
24					1								1		2	2	2	4	3	2	2	2	1								1	2	1									26
23	1									1		1	1	2	4	3	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1			2		1											30
22			2			2		1				1			2	2		1	1	4	2	1																				19
21									1		2		2	2			1			1	1																					10
20			1				1		1		1		1			1	1			1									1													9
19										1																																1
18															2																											2
	1		3		1	2	1	1	2	2	4	3	6	4	14	13	7	9	9	15	11	9	10	11	9	4	2	5	6	3	13	6	7	5	2	1	3	2	3		1	210

TABLEAU 4

Clone AW 74 - *Tailles et diamètres à la base — Rejets* (0 — 1 + 0)

Tº → / Cº ↓	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	N
25																			1				1				1					1	4
24																																	
23																					1										1		2
22																				1							1				1		3
21																																	
20															1		2	1	3	2	2	1	5		3	2	3	2	1	1	3		32
19																		1					1										2
18																	2		1	2	1				1		1	1		1	1		11
17																					1		3				2						6
16															1				1			1			1								4
15											2	1	2	1	3		2		1	2	4	2	1		1								22
14											1				1																		2
13											1																						1
12					1				1			1	2	1			2											1					9
11																																	
10				1			2							1			2											1					6
9		1																															1
8			1	1																													2
7	1																																1
	1	1	1	2	1		2		1		4	2	4	3	6		10	2	7	7	9	4	11		6	2	8	4	1	2	6	1	108

A la fin de la première année de végétation dans la pépinière de Pompadour, on a mesuré le diamètre du tronc C_1, au niveau du sol, et la taille totale, T_1, du plant au-dessus du niveau du sol (tabl. 2 et 5). Les mêmes mensurations ont été faites à la fin de la deuxième année de végétation fournissant ainsi C_2 et T_2 (tabl. 3 et 6).

TABLEAU 5

Clone AW 74

Tailles et diamètres à la base
Plants (0 — 1 + 1)

T1→ C1 ↓	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	N
21										1					1
20							2	1				2			5
19					1				1	1					3
18						1									1
17								3	1				1		5
16						1	1	2	3	2	3			1	13
15			2		1	4	4	5	3		2		1		22
14	1	1		2	2	1	3	3	2	3	4				22
13			1	1	3	6	4	1	2						18
12			1	1			1	1	1	1	1				7
11				1	2		1	1							5
10				1	1			1							3
	1	1	4	9	10	13	16	18	13	8	10	2	2	1	105

Les données recueillies sur C_0, C_1, et C_2, ont été réparties en classes échelonnées de millimètre en millimètre, de sorte que la classe des 10 mm renferme les diamètres allant de 9, 5 mm minimum à 10,4 mm maximum. De même les mensurations recueillies pour T_0, T_1, T_2, ont été réparties en classes échelonnées de 5 cm en 5 cm, de sorte que la classe 100 cm renferme tous les rejets ayant des tailles allant de 95 cm à 104 cm.

TABLEAU 6

Clone AW 74

Tailles et diamètres à la base
Plants (0—1 + 2)

C2 ↓ T2→	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	N
32																			1							1
31													1												1	2
30																	1					1				2
29										1			1						1	1						4
28													1	2	1	1		2	2		1					10
27																1			1			1				3
26									1						3											4
25									1				3		2		1	1								8
24					1			1	1		1				2	1			1							8
23								1				1	1			1										4
22								1		1			1		1		1									5
21							1			2		2	1								1					7
20					1				1				1	2												5
19			1			1			1	1	1	1	1			1										8
18					1	1	2		1	2	3	1	3	2				1								17
17					1			2	1	2	2															8
16	1								1																	2
15				1																						1
14						1				1																2
	1		1	1	3	4	3	5	8	10	7	5	14	6	6	5	3	4	9	1	2	2			1	101

RÉSULTATS

L'examen des données recueillies pour les mensurations de C_0, C_1, et C_2 d'une part, et pour T_0, T_1, T_2 d'autre part, laisse entrevoir qu'il doit exister une corrélation entre le diamètre du rejet et la taille atteinte par le même rejet. Le calcul du coefficient de corrélation pour chacun des clones et pour chacun des âges des rejets et plants, montre que cette corrélation existe et qu'elle est significative au seuil de $P = 0{,}05$, pour un nombre de paires d'observations au moins égal à 100 (tabl. 7).

TABLEAU 7

Corrélation : Taille — Diamètre à la base

Clones	Age des rejets	Coefficients de corrélation	Observations
M. 15	plants (0 — 1 + 0)	$r_0 = 0{,}520$	$P = 0{,}05$
	plants (0 — 1 + 1)	$r_1 = 0{,}478$	$N = 100$
	plants (0 — 1 + 2)	$r_2 = 0{,}591$	r (table) $= 0{,}1946$
AW. 74	plants (0 — 1 + 0)	$r = 0{,}725$	
	plants (0 — 1 + 1)	$r_1 = 0{,}650$	
	plants (0 — 1 + 2)	$r_2 = 0{,}329$	

On peut donc obtenir une image simple de l'évolution de la taille des rejets en fonction du diamètre à la base de ces rejets en calculant les droites de régression correspondant à chaque âge (tabl. 8).

TABLEAU 8

Régression linéaire des tailles en fonction du diamètre à la base

(Tailles exprimées en centimètres. Diamètres à la base exprimés en millimètres)

Age des Plants	Clone *M 15*	Clone *AW 74*
Plants (0 — 1 + 0)	$T_0 = 5{,}357\ C_0 + 66{,}735$	$T_0 = 6{,}584\ C_0 + 32{,}810$
Plants (0 — 1 + 1)	$T_1 = 4{,}521\ C_1 + 13{,}083$	$T_1 = 3{,}129\ C_1 + 27{,}217$
Plants (0 — 1 + 2)	$T_2 = 6{,}094\ C_2 + 102{,}991$	$T_2 = 3{,}331\ C_2 + 103{,}842$

Les diamètres moyens, (C_0, C_1, C_2) les tailles moyennes (T_0, T_1, T_2) et les coefficients de variation, pour chacune de ces dimensions, sont donnés au tableau 9.

TABLEAU 9

Diamètres moyens, tailles moyennes, coefficients de variation

(Tailles exprimées en centimètres. Diamètres à la base exprimés en millimètres)

Clones	Plants (0 — 1 + 0)	Plants (0 — 1 + 1)	Plants (0 — 1 + 2)
M. 15	$\bar{C}_1$ = 20,264 ± 4,120 c_0 = 19,97 % $\bar{T}_0$ = 177,228 ± 24,43 t_0 = 23,22 %	$\bar{C}_1$ = 16,437 ± 2,659 c_1 = 16,18 % $\bar{T}_1$ = 87,087 ± 24,43 t_1 = 28,05 %	$\bar{C}_2$ = 24,948 ± 2,788 c_2 = 11,18 % $\bar{T}_2$ = 255,024 ± 41,024 t_2 = 16,09 %
AW. 74	$\bar{C}_0$ = 16,898 ± 3,962 c_0 = 23,45 % $\bar{T}_0$ = 144,074 ± 35,260 t_0 = 24,47 %	$\bar{C}_1$ = 14,571 ± 2,331 c_1 = 16,00 % $\bar{T}_1$ = 72,810 ± 12,708 t_1 = 17,45 %	$\bar{C}_2$ = 22,228 ± 4,481 c_2 = 20,16 % $\bar{T}_2$ = 177,673 ± 22,740 t_2 = 12,80 %

Pousses annuelles.

Les plants (0 — 1 + 2) se composent de trois éléments :

1°) à la base, d'une partie mesurant 10 à 15 cm de hauteur correspondant à ce qui reste du rejet raciné (0 — 1 + 0) rabattu avant sa plantation en pépinière,

2°) dans la partie moyenne, de la pousse effectuée au cours de la première année de végétation en pépinière,

3°) dans la partie supérieure, de la pousse effectuée au cours de la deuxième année de végétation en pépinière.

Chacune de ces pousses désignées par H_1 et H_2 a été mesurée. Les données recueillies ont permis de construire les droites de régression de H_1 et H_2 en fonction du diamètre à la base du plant obtenu à la fin de la 2e année de végétation, diamètre déjà désigné par C_2 (tabl. 10, 11, 12). Ces droites sont définies par les relations suivantes (fig. 1) :

Pour le clone *M 15* : $H_1 = 5{,}925\ C_2 - 99{,}880$
$H_2 = 7{,}376\ C_2 - 10{,}061$

Pour le clone *AW 74* : $H_1 = 2{,}270\ C_2 - 14{,}666$
$H_2 = 2{,}407\ C_2 - 73{,}675$

Les diamètres moyens à la base des plants (C_2), les longueurs moyennes des pousses annuelles des plants en pépinières (H_1 et H_2), et les coefficients de variation pour chacune de ces données figurent au tableau 13.

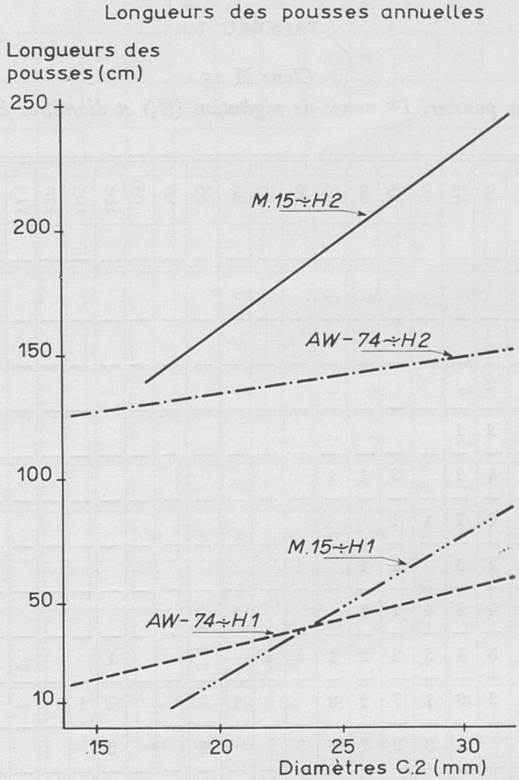


FIG. 1. — *Longueurs des pousses annuelles*

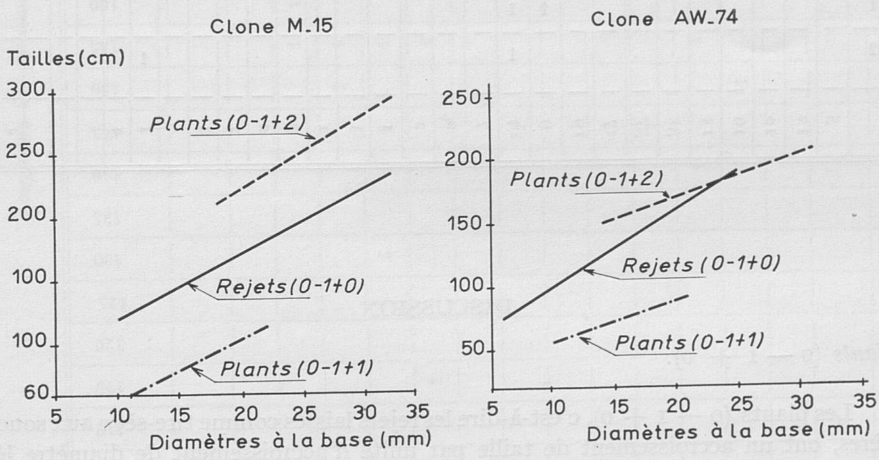


FIG. 2. — *Tailles des plants en fonction des diamètres à la base*

TABLEAU 10

Clone M 15

Longueurs des pousses, 1re année de végétation (H_1) *et diamètres à la base* (C_2)

H1→ C2↓	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	N
18		1		1																									2
19		1																											1
20	2	2	1	2		2																							9
21	1	2		1	3	2	1																						10
22	1	3	2	2	1	4	1		3	1	1																		19
23	1	2	3	4	5	6	7	1	1																				30
24		1	1	4	2	7	5		2	1		1																	24
25			2	2	2	4	8	4	1	1				1															25
26					2	3	4	5	2	2	1	1	1					1											22
27			1			2	9	1	7	2	3			1					1										27
28							1	3	2	1	6	3			1			2											19
29						1	1	1												1	1			1				1	7
30								2	1		1	2	1			1	1		1										10
31										1	1																		2
32											1												1						2
	5	12	10	16	15	31	37	17	19	9	14	7	2	2	1	1	1	3	2	1	1		1	1				1	209

DISCUSSION

Plants (0 — 1 + 0).

Les plants (0 — 1 + 0), c'est-à-dire les rejets laissés comme tire-sève aux souches mères, ont un accroissement de taille par unité d'accroissement de diamètre légèrement plus fort chez le clone *AW 74* que chez le clone *M 15* : 6,6 cm environ contre 5,4 cm environ. Mais à diamètre égal, les rejets *AW 74* sont inférieurs en taille à ceux de *M 15* qui se montrerait déjà plus vigoureux (fig. 2).

TABLEAU II

Clone M 15

Longueurs des pousses, 2e année de végétation (H_2) et diamètres à la base (C_2)

H2 → / C2 ↓	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	N
18																1	1														2
19													1																		1
20	1										1	1	1			3							1							1	9
21										1	1		1	2	2	1				2											10
22						4			2		1		1		2	1	2	1		4	1										19
23			1								1		3		2	4	3	1	3	2	3		1	1	2		2	1			30
24													1	3		7	3	2	1	2		2		1			1	1			24
25									1						1	3	2	2	2	3		2	1	1	1	2	1	2		2	25
26														1	1	2		4	1	2		3	3		1			1	1	2	22
27									1					2		3	1	2	3	8	2				1	2		1		1	27
28									1						1	1		1		2	1	2	2		2		1	1	1	3	19
29								1			1						1	1		1		2									7
30										1						1		2		1						1		2		2	10
31																		1										1			2
32																				1						1					2
	1		1			4		1	5	2	5	1	8	8	9	27	13	17	10	28	7	11	8	3	7	6	5	10	2	10	209

TABI AU

Clon AV

Longueurs des pousses de 1re année (H_1), 2 an

C2	H_1 15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	N
14			1				1									2
15			1													1
16			1	1												2
17			2	1	3	1		1								8
18		3	7	3	3	1										17
19	2		3		2		1									8
20				1		1	2	1								5
21			3	2	1			1								7
22			4		1											5
23	1	1			1		1									4
24	1		1		2	3	1									8
25				1		4	1		1	1						8
26				1		1	1	1								4
27							2	1								3
28					2	3	3	2								10
29				1			1		1					1		4
30							2									2
31					1										1	2
32							1									1
	4	4	23	11	16	14	17	7	2	1				1	1	101

AU 12

AW 74

année (H_2) *de végétation et diamètres à la base* (C_2)

H_2																				
80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	N
					1	1														2
				1																1
1							1													2
					3	1	1	2		1										8
				1		1	2	2	1	4	3		1	1			1			17
			1				2	3		1			1							8
1					1			1		1			1							5
1							1		1	2	1								1	7
				1					1		1				2					5
								1		1		1	1							4
1							1		1	2	2				1					8
					1		1	1			2	2	1							8
				1					2				1							4
											1			1		1				3
									1	1	4	1	1	1	1					10
									2		1	1								4
													1					1		2
											1	1								2
															1					1
4			1	4	6	3	9	10	9	13	16	5	8	6	4	1	1	1	1	101

TABLEAU 13

Pousses annuelles

(Diamètres moyens à la base, pousses moyennes annuelles, coefficient de variation)

Clones	$\overline{C}_2$ (en mm)	$\overline{H}^1$ (en cm)	$\overline{H}_2$ (en cm)
M. 15....................	24,957 ± 2,788	47,990 ± 20,950	195,144 ± 28,650
Coefficient de variation	11,18 %	43,65 %	14,58 %
AW. 74.................	22,228 ± 4,481	35,792 ± 13,020	127,178 ± 19,180
Coefficient de variation	20,16 %	36,37 %	15,08 %

Plants (0 — 1 + 1).

Chez le clone *M 15*, les plants (0 — 1 + 1) ont un accroissement moyen de taille, pour un diamètre donné, légèrement inférieur à celui des plants (0 — 1 + 0) : 4,5 cm environ contre 5,4 cm environ. Ceci est explicable, et c'est le résultat d'une part, du choc dû au sevrage des plants de la souche mère, d'autre part de la transplantation elle-même, enfin du rabattage pratiqué à tous les rejets qui sont tous ramenés à 10-15 cm au-dessus du niveau du sol. On peut cependant constater que les droites de régression calculées pour les plants (0 — 1 + 1) et les plants (0 — 1 + 0) sont sensiblement parallèles.

Chez le clone *AW 74* l'accroissement moyen de taille par unité d'accroissement de diamètre est inférieur à celui des plants (0 — 1 + 0) : 3,1 cm environ contre 6,6 cm environ. A diamètres égaux, les tailles sont très inférieures à celles des plants (0 — 1 + 0) et l'écart augmente en même temps que le diamètre s'accroît. Les raisons de ce ralentissement dans la croissance sont les mêmes que celles exposées déjà pour le *M 15*. Cependant le choc à la reprise est plus sensible pour *AW 74* que pour *M 15*, bien que tous deux aient été cultivés dans les mêmes conditions. Ce choc est d'ailleurs indépendant de l'aptitude à la reprise elle-même qui serait meilleure pour *AW 74* que pour *M 15* ou tout au moins sensiblement égale. A l'observation en pépinière et pour un diamètre à la base égal, les plants *AW 74* ont une taille nettement inférieure à celle des plants *M 15* : la vigueur est donc encore et toujours en faveur de ce dernier (fig. 2).

Plants (0 — 1 + 2).

Pour le clone *M 15* l'accroissement moyen de taille par unité d'accroissement de diamètre est légèrement supérieur à celui des plants (0 — 1 + 1) et même à celui des plants (0 — 1 + 0) : 6,1 cm environ, contre 4,5 cm et 5,4 cm. Le plant qui s'est installé l'année précédente vit maintenant normalement et prend son rythme naturel de croissance. On peut cependant constater que les trois droites de régression, $T_0 = f\ (C_0)$, $T_1 = f\ (C_1)$, et $T_2 = f\ (C_2)$ forment un faisceau de droites sensiblement parallèles entre elles.

Pour le clone *AW 74*, l'accroissement de taille par unité d'accroissement de diamètre est très légèrement supérieur à celui des plants (0 — 1 + 1) mais reste tou-

jours très inférieur à celui noté pour les plants (0 — 1 + 0). Cet accroissement est d'ailleurs nettement inférieur à celui enregistré pour les plants *M 15* de même âge et de même diamètre à la base : 3, 3 cm contre 6, 1 cm. Les tailles atteintes pour *M 15* sont nettement supérieures à celles de *AW 74*. L'impression de vigueur en pépinière est donc toujours en faveur de M. *15*.

Notons cependant que si les droites de régression $T_1 = f(C_1)$ et $T_2 = f(C_2)$ sont sensiblement parallèles entre elles, elles ne le sont pas du tout avec celle de $T_0 = f(C_0)$ (fig. 2).

Pousses annuelles.

En pépinière pour chaque millimètre dont s'accroît le diamètre à la base C_2, les pousses de première année, H_1, de *M 15* augmentent de 5,9 cm environ et les pousses de deuxième année, H_2, de 7, 4 cm environ. Pour la même augmentation de diamètre, les pousses H_1 de *AW 74* s'accroissent de 2,3 cm environ et les pousses de H_2 de 2,4 cm environ. Au cours de la première année de végétation, les plants du clone *M 15* s'allongent par unité d'accroissement de diamètre à la base, d'une longueur double de *AW 74* et du triple au cours de la seconde année. De plus la pousse de la deuxième année de *M 15* est supérieure de 2,2 cm à celle de la première année, tandis que pour *AW 74* les accroissements des deux années sont sensiblement égaux. Le clone *M 15* pousse plus vigoureusement et plus rapidement que *AW 74* (fig. 2).

On peut également noter que si les coefficients de variation calculés pour les longueurs de pousse sont très élevés en première année de pépinière, respectivement 43, 65 p. 100 pour *M 15* et 36,37 p. 100 pour *AW 74*, ceux calculés pour les pousses de deuxième année sont, par contre, nettement plus faibles : 14,68 p. 100 pour *M 15* et 15,08 p. 100 pour *AW 74*. L'hétérogénéité dans la longueur des pousses de première année est due à une reprise plus ou moins effective des plants. En deuxième année les racines sont établies et fonctionnent normalement.

Mise à fruits.

En 1960, des plants (0 — 1 + 1) des clones *M 15* et *AW 74* ont été mis en place au domaine de la Station, à Puymaret par Malemort/Corrèze (Corrèze), pour étudier les conditions de leur mise à fruits.

Au cours de l'année 1961, les plants *AW 74* ont produit des châtons mâles normaux, et des châtaignes parfaitement constituées ont pu être récoltées. En 1962, les mêmes plants ont produit abondamment des châtons mâles utilisés pour des croisements contrôlés ainsi que des fleurs femelles dont une partie a été utilisée dans des croisements contrôlés, et l'autre partie laissée en fécondation libre. Cette dernière a produit une belle récolte de fruits dont le poids moyen était de 1 370 grammes pour 100 fruits (70-75 fruits pour un kilogramme). En 1963, une fructification abondante et régulière sur tous les plants a pu être observée.

Par contre, sur les plants du clone *M 15*, il n'a été trouvé aucune fleur mâle, ni aucune fleur femelle au cours des années 1961 et 1962. En 1963 quelques châtons mâles et quelques fleurs femelles sont apparus.

Signalons de plus que les plants (0—1 + 2) du clone *AW 74* ont un port étalé et sont souvent ramifiés dès la base en 2 ou 3 tiges secondaires. Les plants du clone

M 15, de même âge, ont par contre, un port dressé avec un tronc unique et un brin principal en flèche.

Ces deux clones étaient plantés côte à côte, dans un terrain de même nature. Tous deux ont simplement été l'objet de soins d'entretien, et il n'a été appliqué sur *AW 74* aucun traitement particulier pour induire une mise à fruits plus rapide.

CONCLUSIONS

D'après les observations faites, et au bout de deux ans de plantation, le clone *M 15* présente des plants ayant une taille moyenne et un diamètre à la base moyen nettement supérieur à ceux de même âge du clone *AW 74*. Par ailleurs, les accroissements moyens de tailles par unité d'accroissement de diamètre sont supérieurs chez le clone *M 15* à ceux observés chez le clone *AW 74*. La mise à fruit commence vers la quatrième année de plantation chez le clone *M 15* alors que chez le clone *AW 74* elle est effective dès la deuxième année. Enfin les droites de régression des tailles atteintes en fonction du diamètre à la base du plant établies pour l'année de marcottage et les deux années de plantation en pépinière sont sensiblement parallèles, pour le clone *AW 74*, on observe un changement de pente brusque dès la première année de pépinière.

En rapprochant les résultats observés en ce qui concerne la vigueur, le rythme de croissance et la précocité de mise à fruits, des observations obtenues par l'analyse des droites de régression tailles des plants en fonction du diamètre à la base des plants, le fait qui frappe est le changement de pente brusque observé dans les droites de régression lors de la mise à fruits rapide chez le clone *AW 74*, phénomène qui ne se produit pas chez *M 15* dont la mise à fruits est plus tardive. On est ainsi porté à penser qu'il y a corrélation entre ces deux faits et qu'il serait possible d'utiliser la méthode exposée pour essayer de détecter rapidement les clones susceptibles de fructifier tôt en producteurs directs, de ceux fructifiant plus tard mais susceptibles par contre d'atteindre un plus grand développement végétatif.

En l'occurence, le clone *M 15* est plus vigoureux et à développement plus rapide que le clone *AW 74*, celui-ci étant à même d'être utilisé efficacement comme porte-greffe fruitier, capable d'induire une mise à fruits plus rapide.

Reçu pour publication en septembre 1963.

SUMMARY

SUITABILITY OF CHESNUT CLONES FOR FRUIT OR TIMBER PRODUCTION

When selecting chesnut clones it is of high interest to be able to distinguish early which of them are suitable for fruit or timber production.

The study of the relation between height and diameter increases of the stocks during the stooling, the first and second year of cultivation under nursery conditions, points outs that for a vigouro1s clone such as *M 15* (a natural hybrid beetween *C. crenata* and *C. sativa*) the regressions are

nearly parallel, for *AW 74* less vigourous than the former, the regressions calculated for the two nursery years differ from the one established for the stooling year.

This difference of behaviour is correlated with an early fruiting habit since *AW 74* begins to produce fruits during the first year after planting, whilst *M 15* has no fruit even three years after planting.

ZUSAMMENFASSUNG

FRUCHTBILDENDE UND BAUMBILDENDE EIGENSCHAFT DER KLONE DES EDELKASTANIENBAUMES

Bei der Selektion der Klone des Edelkastanienbaumes ist es äusserst wichtig, die Klone, die fruchtbildende Eigenschaft besitzen, von denen mit holzbildender Eigenschaft rasch unterscheiden zu können.

Durch Beobachtungen wie die Triebgrösse im Laufe des Absenkerjahres und von den Setzlingen im Laufe des ersten und zweiten Baumschuljahres sich in Beziehung zum Durchmesser am Boden entwickeln, konnte Folgendes festgestellt werden :

im Falle eines kräftigen Klones wie M. 15, natürlicher-Hybrid *C. crenata* × *C. sativa,* sind die Regressionsgeraden merklich parallel ;

was den Klon AW. 74 anbetrifft, der, ebenfalls ein naturliches Hybrid *C. crenata* × *C. sativa,* aber weniger kräftig als M. 15 ist, sind die Regressionsgeraden der nach einen und zwei Baumschuljahren und in Beziehung auf den Durchmesser am Boden erreichten Grösse deutlich parallel. Sie sind jedoch nicht parallel zu der mit Absenker-Trieben erhaltenen Regressionsgeraden.

Diese verschiedene Neigung der Kurven steht in Korrelation mit der Fähigkeit früchte zu tragen, da AW. 74 schon im zweiten Pflanzungsjahr Früchte zu tragen beginnt, während M. 15 sogar nach drei Jahren noch keine Früchte hervorbringt.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (1), 87-95.

NOTE TECHNIQUE

DESCRIPTION DE NOUVELLES VARIÉTÉS DE TOMATE SÉLECTIONNÉES A LA STATION D'AMÉLIORATION DES PLANTES MARAÎCHÈRES

P. PÉCAUT, H. LATERROT et J. O. BROSSIER

Station d'Amélioration des Plantes maraîchères,
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Est, Montfavet (Vaucluse)

I. — INTRODUCTION

Pour l'amélioration de la production de la Tomate en France, la sélection de nouvelles variétés peut poursuivre les objectifs suivants :

— remplacement de la variété *Marmande,* variété précoce la plus cultivée en France par une variété à fruits moins côtelés, mieux calibrés, et à rendement supérieur ;

— remplacement de la variété *Saint-Pierre,* variété tardive la plus cultivée en France par une variété à fruits plus résistants à l'éclatement ;

— recherche d'une variété plus précoce que *Marmande,* et présentant des fruits de qualité au moins égale ;

— obtention de variétés à fruits ronds, de taille moyenne, adaptées à la culture de plein champ ou à la culture sous serres, plus précoces et à fruits légèrement plus gros que les variétés à petits fruits actuellement cultivées du groupe *Moneymaker.* Ces petits fruits ronds répondent aux exigences de qualité, de présentation, de normalisation, qui sont imposées par d'autres pays du Marché Commun vers lesquels la France devrait pouvoir exporter une partie de sa production ;

— sélection de variétés résistantes aux maladies les plus communes en France.

La Station d'Amélioration des Plantes maraîchères de Montfavet a inscrit à son programme plusieurs de ces objectifs de sélection. Deux chemins ont été suivis : la recherche de variétés fixées et la création d'hybrides de première génération. Dans cette note, nous donnerons la description de quelques variétés et hybrides dont les performances ont été établies après plusieurs années d'études et qui sont maintenant proposés aux multiplicateurs.

II. – VARIÉTÉ PRÉCOCE : PONCETTE

Les maraîchers du Sud-Est de la France souhaitent obtenir une production très précoce pour bénéficier des prix de vente élevés du mois de juin et du début du mois de juillet. La variété précoce actuellement la plus cultivée est *Marmande*, à fruits plats et côtelés, de calibre très irrégulier. Les marchés locaux d'expédition acceptent ces fruits, que les cultivateurs apportent d'habitude en vrac dans des corbeilles, après avoir mis à part les petits fruits vendus en général à moitié prix. Aussi les maraîchers sont-ils à l'affût de nouvelles variétés plus précoces que *Marmande* et à gros fruits. Certains ont été intéressés par une lignée sélectionnée à Montfavet et connue maintenant sous le nom de « *Poncette* ».

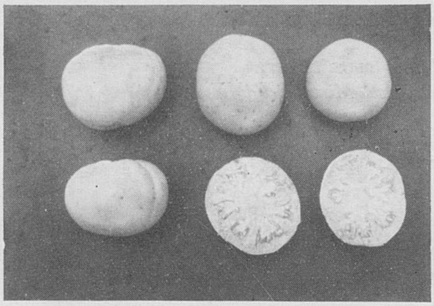


FIG. 1.

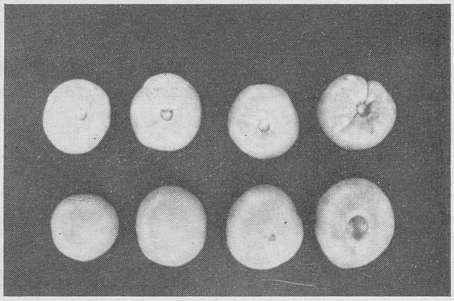


FIG. 2.

Fruits de la variété Poncette

Sur la figure 2 on remarquera que certains fruits, récoltés sur les bouquets supérieurs, présentent une cicatrice large et creuse de l'attache du style.

Origine.

Poncette est issue du croisement *Red Jacket* (*Casaque rouge*) × *Supermarmande*. Le croisement a été réalisé en 1955 à la Station Centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles où la F_2 a été triée par M. CLAUTRIER. A partir de la F_3 la sélection a été poursuivie à Montfavet, les plantes étant cultivées selon les méthodes locales pour la production précoce, c'est-à-dire taillées à une branche et trois bouquets. La F_7 et la F_9 ont été multipliées sous serres.

Description.

Plante peu vigoureuse à feuillage vert clair, peu développé, à folioles normalement découpées. En général le développement végétatif est inférieur à celui de *Marmande*.

Inflorescences ramifiées comme celles de *Marmande*. Le nombre de fleurs par bouquet diminue sur les bouquets supérieurs, les troisième et quatrième bouquets étant souvent peu fructifères. Les plantes de *Poncette*, comme celles de *Marmande* peuvent, dans certaines circonstances, se terminer par un premier bouquet abondant, la croissance reprenant sur un rameau axillaire.

Le fruit est du type plat et côtelé. Il est plus épais que celui de *Marmande*, plus dense, plus charnu, à graines moins nombreuses. Le poids moyen du fruit est supérieur à celui de *Marmande* et les fruits du premier bouquet sont d'un calibre plus homogène. La couleur du fruit est uniforme avant maturité, c'est-à-dire qu'il ne possède pas de collet vert sous le calice. A maturité il est légèrement plus orangé que le fruit de *Marmande*, ce défaut s'accentuant lorsqu'il est mal protégé par un feuillage peu abondant. Il est légèrement plus mou et nettement plus résistant à l'éclatement.

La maturité des fruits du premier bouquet est plus précoce de 5 à 6 jours que celle de *Marmande* et elle est plus simultanée.

Cette variété ne présente aucun caractère particulier de résistance vis-à-vis des divers parasites.

TABLEAU I

Comparaison entre Poncette et Marmande

		Poncette				*Marmande*			
	Dates	Rendement cumulé		Poids moyen du fruit	Fruits fendus (%)	Rendement cumulé		Poids moyen du fruit	Fruits fendus (%)
		total	1er choix			total	1er choix		
Essai nº 1	24-6	0,140	0,120			0,070	0,040		
Carpentras 1960	4-7	0,630	0,550	124		0,270	0,190	95	
	27-7	1,560	1,370			1,590	1,270		
Essai nº 2	20-6	0,470	0,460			0,310	0,280		
Carpentras 1961	3-7	0,700	0,650	122	20	0,650	0,540	94	42
	27-7	1,200	1,080			1,260	1,010		
Essai nº 3	29-6	0,440	0,420			0,160	0,120		
Carpentras 1962	9-7	0,730	0,670	140	31	0,550	0,420	110	54
	6-8	1,740	1,610			1,860	1,560		
Essai nº 4	12-6	0,170	0,160			0,100	0,080		
Châteaurenard 1961	1-7	0,420	0,350	90	3	0,460	0,350	78	14
	21-7	0,710	0,550			0,820	0,600		
Essai nº 5	4-7	0,260				0,140			
Montfavet 1962	18-7	0,880		140	37	0,830		115	36
La Croisette	7-8	2,240				2,250			
Essai nº 6	3-7	0,890				0,440			
Montfavet 1963	16-7	1,650		205	24	1,550		137	27
La Croisette	30-7	2,960				2,950			
Essai nº 7	24-6	0,300				0,150			
Montfavet 1963	11-7	1,040		142	7	0,990		110	26
Saint-Maurice	1-8	1,740				1,950			

Les rendements cumulés sont exprimés en kilogrammes par plante. Le premier choix est constitué par les fruits réguliers d'un calibre supérieur à 55 mm environ. Le poids moyen des fruits mûrs, exprimé en grammes, est calculé sur l'ensemble des récoltes. Pour déterminer le pourcentage de fruits fendus, est considéré comme fendu tout fruit présentant au moins une fente radiale dépassant l'anneau liégeux de 3 mm au minimum.

Rendement et précocité.

Les performances comparées de *Marmande* et de *Poncette* dans des essais réalisés dans le Vaucluse sont mentionnées dans le tableau 1.

A Carpentras, les essais ont été réalisés chez un maraîcher habitué à la culture de *Marmande,* Les plantes sont taillées à une branche et trois bouquets. Dans les trois essais, le rendement précoce de *Poncette* a dépassé celui de *Marmande,* le rendement total a été légèrement inférieur, le rendement total en fruits de premier choix (après élimination des fruits difformes et de ceux de calibre inférieur à 55 mm environ) a été légèrement supérieur, le poids moyen du fruit calculé sur l'ensemble des fruits mûrs très supérieur, le pourcentage de fruits fendus inférieur.

A Châteaurenard, rendements et poids moyens des fruits ont été très faibles. Chez beaucoup de maraîchers, où les terres cultivées en espèces légumières tout au long de l'année sont probablement déséquilibrées au point de vue éléments minéraux, pauvres en matière organique et riches en champignons du sol parasites, *Marmande* a dû être remplacée par des variétés plus tardives du genre *Plate précoce de Châteaurenard.* Dans ces conditions *Poncette* donne également des résultats très médiocres.

A Montfavet, sur des sols de nature variée, les résultats sont comparables à ceux observés à Carpentras.

Conclusions

Dans les conditions actuelles du marché de la Tomate dans le Sud-Est de la France, où le bénéfice de beaucoup d'agriculteurs résulte de la fraction précoce de la récolte, où l'expéditeur recherche du gros fruit même s'il est plat et côtelé, *Poncette* présente les avantages suivants :

— *premier bouquet plus précoce et plus productif, avec des fruits plus gros, mieux calibrés, plus charnus, moins sensibles à l'éclatement que ceux de Marmande.*

Par contre, il faut souligner certains défauts :

— faible vigueur excluant cette variété dans les terres où *Marmande* donne des rendements très faibles ;

— bouquets supérieurs peu garnis, dont les fruits présentent souvent une cicatrice de l'attache du style large et creuse. Ce défaut peut s'accentuer sous certaines conditions : ainsi en 1963, dans des cultures sous tunnel de matière plastique dans la région de Berre, avec des fumures extrêmement élevées, si la production des deux premiers bouquets fut précoce, abondante et de belle qualité, une proportion importante des fruits récoltés sur le troisième bouquet présenta des déformations rendant leur commercialisation difficile.

En conclusion, la variété *Poncette* intéresse actuellement les maraîchers maîtrisant la technique difficile de la production précoce, habitués à cultiver *Marmande* et recherchant l'essentiel de leur revenu dans la vente du premier bouquet.

III. — VARIÉTÉS RÉSISTANTES AUX NÉMATODES : RONITA ET PIERNITA

Dans le Sud de la France, beaucoup de régions sont contaminées de manière endémique par des nématodes à galles, et ici et là, certaines années, les dégâts prennent de l'importance. Ceux-ci peuvent être très sévères sur les cultures de pleine

saison, la multiplication des nématodes étant accélérée lorsque la température du sol est élevée. C'est d'ailleurs pour cette raison que les sols des serres chauffées, situées dans des régions nordiques, sont parfois contaminés.

Les nématodes provoquant des galles sur les racines appartiennent à l'espèce *Meloïdogyne incognita*. Polyphages, ils attaquent de nombreuses plantes maraîchères. La sélection de variétés résistantes de Tomate en est rendue plus nécessaire afin d'introduire une culture résistante dans l'assolement.

Géniteurs de résistance.

Des variétés résistantes au *Meloïdogyne incognita* ont été sélectionnées aux États-Unis, plus particulièrement à l'Université de Hawaï. La résistance, trouvée dans l'espèce *Lycopersicum peruvianum* est déterminée par un gène dominant *Mi*.

La résistance des variétés hawaïennes, telles *Anahu*, *Koléa C*, s'est révélée efficace, dans les conditions naturelles et artificielles, vis-à-vis des races de nématodes présentes en France. Nous n'avons eu connaissance d'aucun exemple, en France, où le cycle de développement du *Meloïdogyne* se serait poursuivi jusqu'à la production d'œufs dans des racines de *Anahu* (les exceptions observées traduisaient toujours la présence d'impuretés dans les semences). Cette résistance est également valable, semble-t-il, vis-à-vis des nématodes à galles contaminant les cultures sous serres dans les Pays-Bas.

Dans les tests d'infection artificielle, *Anahu* s'est montrée résistante vis-à-vis des échantillons de nématodes qui nous ont été adressés de diverses régions (voir tabl. 2)

TABLEAU 2

Comportement de Anahu et de Saint-Pierre vis-à-vis de diverses origines de terre infectée

Origine de la terre infectée	*Saint-Pierre*	*Anahu*
Gard :		
Rochefort-du-Gard	S	R
Bouches-du-Rhône :		
Calissanne	S	R
Alpes-Maritimes :		
Cannes	S	R
Antibes	S	R
Cros-de-Cagnes	S	R
Gironde :		
Bordeaux	S	R
Indre-et-Loire :		
Tours	S	R

S = sensible,
R = résistant.

Méthodes d'infection artificielle.

Les nématodes sont élevés sur des plants de Tomate de la variété *Saint-Pierre*. Dans un pot de 24 cm de diamètre, rempli de terreau désinfecté, une plante de *Saint-*

Pierre est contaminée 15 jours après le repiquage par addition de 30 masses d'œufs. Environ 2 mois après, les femelles expulsent à l'extérieur des tissus leur ponte facilement reconnaissable grâce à leur enveloppe orangée. Ces masses, prélevées à la pince, constituent l'inoculum pour les infections artificielles.

Les variétés dont le comportement est étudié sont semées dans des terrines remplies de terreau désinfecté. Après la levée, des masses d'œufs sont disposées à 1 cm de profondeur entre les lignes de Tomate. Trois ou quatre semaines plus tard, il est facile de séparer les plantes résistantes d'après la présence ou l'absence de galles. Le travail en milieu désinfecté à l'abri des champignons du sol rend la lecture plus aisée. Les plantes homozygotes *Mi.Mi* et les hétérozygotes *Mi.mi* réagissent pareillement.

Sélection.

A côté des travaux de sélection de nouvelles variétés résistantes, on a entrepris l'introduction, par la technique des recroisements, de la résistance dans quatre variétés récurrentes : *Roma, Saint-Pierre, Marmande, Moneymaker.*

Le travail a commencé en 1959 pour les deux premières variétés. Trois générations par an sont cultivées. A chaque génération de recroisement, neuf plantes résistantes sont observées jusqu'à maturité afin de pouvoir choisir les plantes les plus proches du parent récurrent. D'une manière systématique, il est effectué au minimum cinq recroisements.

Variété Ronita, résistante aux nématodes

Origine : Croisement *Roma* × *Anahu,* suivi de cinq recroisements par *Roma* à la suite desquels la sélection a été poursuivie après autofécondations successives.

Ronita ne peut être distinguée de la variété *Roma* sinon par sa résistance aux nématodes. Pour l'instant il n'a pu être établi de différence en ce qui concerne l'aspect végétatif, la précocité, la taille du fruit, la teneur en extrait sec. L'une et l'autre sont résistantes au *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici.*

Un essai mis en place en 1963 à Montfavet n'a pas permis de comparer les rendements, le peuplement de l'essai ayant été rendu très irrégulier par suite de dégâts dus au vent. Les poids moyens des fruits ont été de 65 grammes pour *Ronita,* de 67 grammes pour *Roma,* les teneurs en extrait sec de 6,8 p. 100 pour *Ronita,* de 6,4 p. 100 pour *Roma.*

Variété Piernita, résistante aux nématodes

Origine : Croisement *Saint-Pierre* × *Anahu,* suivi de cinq recroisements par *Saint-Pierre,* à la suite desquels la sélection a été poursuivie après autofécondations successives.

Cette variété ne peut être distinguée de la variété *Saint-Pierre,* ayant servi de parent récurrent, c'est-à-dire l'origine fournie en 1959 par les Établissements Vilmorin.

Elle ne possède pas de caractères de résistance aux maladies autres que la résistance aux nématodes ; en particulier la résistance au *Fusarium* d'*Anahu* n'a pas été conservée dans la lignée retenue pour la multiplication.

Les principaux résultats d'un essai de rendement réalisé en 1963 à Montfavet sont résumés dans le tableau 3.

TABLEAU 3

Comparaison entre les variétés Piernita et Saint-Pierre

	Piernita	*Saint-Pierre*
Rendements cumulés en kilogrammes par plante		
le 9-7	0,38	0,44
le 16-7	0,83	0,86
le 30-7	2,30	2,60
le 13-8	3,31	3,38
le 29-8	4,49	4,53
Poids moyen global des fruits mûrs (en grammes)	162	167
Poids moyen du 3e fruit du 2e bouquet (en grammes)	195	195
Nombre de loges du 3e fruit du 2e bouquet	5,4	4,4
Aplatissement du fruit (rapport épaisseur : diamètre)	0,82	0,87

IV. — HYBRIDES DE PREMIÈRE GÉNÉRATION

Les premiers hybrides réalisés à la Station de Montfavet résultaient de croisements entre variétés commerciales. Certains ont fait l'objet d'une expérimentation répétée pendant plusieurs années et ont présenté de réels avantages aux yeux des cultivateurs du Midi de la France.

Hybride Montfavet n° 15

Les deux parents sont *Ace* et *Supermarmande.* Hybride assez précoce, à fruits assez plats et légèrement côtelés, c'est à la variété *Marmande* qu'il est à comparer.

Précocité : Dans le Sud-Est de la France, la maturité du premier bouquet est en retard de 5 à 6 jours sur celle de *Marmande.* La maturité des fruits du premier bouquet est plus simultanée, celle du deuxième plus rapide, aussi le rendement de *H15* dépasse-t-il celui de *Marmande* une quinzaine de jours après le début de récolte de cette dernière variété.

Le rendement total est plus élevé que celui de *Marmande.*

La végétation est plus vigoureuse, le feuillage plus abondant, la plante plus haute. Les bouquets sont en grappes plus régulières.

Le fruit est plus gros et plus lourd que celui de *Marmande,* plus lisse, plus épais, d'un calibre plus homogène. Il possède un collet vert.

H15 ne présente aucun caractère de résistance aux maladies. Sa vigueur lui confère un meilleur comportement que *Marmande,* vis-à-vis de certaines maladies, en particulier de la *Verticilliose.*

Les performances de *H15* dans les essais réalisés en plein champ, en culture précoce, dans le région du Sud-Est, sont résumées dans le tableau 4.

TABLEAU 4

Comparaison entre hybride Montfavet n° 15 et Marmande

Essai	Rendement précoce		Rendement total		Poids moyen du fruit		Pourcentage de fruits fendus	
	H 15	*Marmande*	*H 15*	*Marmande*	*H 15*	*Marmande*	*H 15*	*Marmande*
Carpentras 1959......	0,540	0,980	2,250	1,940	122	93		
Carpentras 1960......	0,650	0,700	1,690	1,440	105	92		
Carpentras 1962......	1,060	0,870	2,300	1,860	130	110	61	54
Châteaurenard 1960...	0,520	0,350	1,010	0,710	84	67		
Châteaurenard 1961...	0,520	0,400	1,110	0,820	83	78		
Châteaurenard 1962...	0,730	0,660 (1)	1,130	1,310 (1)	95	106 (1)	41	37
Hyères 1959	0,370	0,460	1,060	0,950	122	92	5	3
Hyères 1960	0,560	0,410	1,170	0,940	89	73	26	25
Montfavet 1960	0,570	0,680	1,970	1,570	123	103	72	59

Dans tous ces essais les plantes sont taillées à une branche et trois bouquets. Les rendements sont exprimés en kilogrammes par plante, les poids moyens du fruit en grammes. Le rendement précoce correspond à la date à laquelle *Marmande* a donné environ 50 p. 100 de son rendement total.

(1) Dans l'essai effectué à Châteaurenard en 1962, le témoin n'est pas *Marmande* mais la variété habituellement cultivée à Châteaurenard, c'est-à-dire la « *Plate précoce de Châteaurenard* », plus tardive et à fruits plus gros que *Marmande*.

En conclusion, *H15* présente sur *Marmande* les avantages suivants :

— meilleure qualité de fruit ;

— rendement plus élevé ;

mais il est légèrement plus tardif.

Hybride Montfavet n° 3

Les deux parents sont *Potentate* et *Améliorée-de-Montlhéry*. Hybride à petits fruits, il est à comparer à la variété *Moneymaker*.

Précocité : Hybride plus précoce que *Moneymaker,* sa maturité est néanmoins plus tardive que celle de *Marmande.*

Plante vigoureuse, à inflorescences en grappes régulières.

Fruit rond, lisse, à collet vert, à trois ou quatre loges. Poids moyen supérieur à celui de *Moneymaker.*

Cultivé en plein champ, *H3* présente le défaut d'avoir des fruits sensibles à l'éclatement. C'est dans les cultures sous serres qu'il s'est montré intéressant, en

particulier dans le Sud-Est de la France : l'existence d'un collet vert n'est pas un obstacle pour la commercialisation dans cette région, et sous serres l'éclatement est toujours très limité.

Les performances de *H3* dans des essais réalisés sous serres sont résumées dans le tableau 5.

TABLEAU 5

Comparaison entre hybride Montfavet nº 3, Marmande et Moneymaker

Essai de plein champ	Rendement précoce		Rendement total		Poids moyen du fruit		Pourcentage de fruits fendus	
	H3	*Marmande*	*H3*	*Marmande*	*H3*	*Marmande*	*H3*	*Marmande*
Carpentras 1958......	0,880	0,560	1,520	1,180	92	97		
Carpentras 1959......	0,670	0,740	1,730	1,450	94	96		
Carpentras 1960......	0,700	0,700	1,660	1,460	82	92		
Châteaurenard 1960...	0,480	0,350	0,940	0,710	65	67		
Châteaurenard 1961...	0,630	0,400	1,190	0,820	68	78	32	14
Hyères 1960 (¹).....	0,500	0,410	1,070	0,940	64	73	41	25
Montfavet 1960.......	0,710	0,680	2,150	1,570	95	103	72	59
Montfavet 1962......	0,520	0,710	2,730	1,970	108	109	45	34

Essai sous serres	Rendement précoce		Rendement total		Poids moyen du fruit		Pourcentage de fruits fendus	
	H3	*Moneymaker*	*H3*	*Moneymaker*	*H3*	*Moneymaker*	*H3*	*Moneymaker*
Montfavet Printemps 1962......	1,251	1,159	2,330	2,650	74	61		
Montfavet Automne 1962......	0,850	0,790	1,280	1,340	82	55		
Montfavet Printemps 1963......	1,960	1,100	2,900	2,590	88	78	2	1
Hyères (¹) Printemps 1962......	2,700	1,900	3,880	3,330	106	65	13	5

Les rendements sont exprimés en kilogrammes par plante; les poids moyens du fruit en grammes. Le rendement précoce correspond à la date où la variété témoin a donné environ 50 p. 100 de son rendement total.

(¹) Les essais d'Hyères ont été réalisés par M. NIEL (Foyer de Progrès Agricole d'Hyères) et M. BRUN (S. A. R. V. Avignon).

En conclusion, *H3* présente l'avantage de posséder des fruits d'un calibre supérieur à celui des variétés traditionnelles de serre, et d'être plus précoce que ces dernières. Sa sensibilité à l'éclatement l'exclura des cultures de plein champ. Le fait que le fruit possède un collet vert avant maturité devra être pris en considération avant de choisir *H3* pour les cultures sous serres.

Reçu pour publication en octobre 1963.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (1), 97.

CHRONIQUE DES LIVRES

MAYER A. M., POLJAKOFF-MAYBER A. — THE GERMINATION OF SEEDS. (La germination des graines) — International Series of Monographs on Pure and Applied Biology : Plant Physiology Division. Pergamon Press, Oxford, 1963, 229 p.

Physiologistes connus du groupe d'EVENARI à l'Université de Jérusalem, les auteurs font un exposé critique des connaissances acquises sur ce sujet depuis la fin du XIX^{e} siècle.

Les deux premiers chapitres sont consacrés à des rappels sur la constitution de la graine : organisation ; principaux types de plantules (rapide revue débouchant sur un essai pour définir le moment où la germination fait place à la croissance) ; composition chimique (substances communes à tous les tissus végétaux, réserves, produits secondaires).

Les chapitres 3 et 4 étudient les conditions de la germination : viabilité et durée de survie des graines ; besoins généraux (alimentation en eau, gaz, température) ; besoins particuliers aux graines dormantes (graines à téguments durs, ou à exigence lumineuse déterminée, ou réclamant pour germer un traitement thermique préalable) ; action de substances inhibitrices (milieux hyper-toniques, toxiques généraux etc.) ou stimulantes (thiourée, gibbérelline, kinétines, etc.)

Les chapitres 5 et 6 traitent de la germination vue sous l'angle du métabolisme :

— équipement enzymatique des graines quiescentes,

— mobilisation des réserves (entre autres composés phosphorés),

— néosynthèses (notamment d'acides nucléiques),

— respiration : échanges gazeux ; cycles d'oxydation (de Krebs, des pentoses, dérivation glyoxylique) ; chaînes de transport d'électrons,

— modifications métaboliques dues à certains activateurs et inhibiteurs.

Le septième chapitre est un essai pour relier le comportement des graines dans leur habitat naturel et l'effet sur la germination des divers facteurs qui le caractérisent (facteurs physiques, excrétions radicellaires, inhibiteurs des fruits et des feuilles, méthodes de culture etc.).

Le livre se termine par une comparaison entre les phénomènes de dormance chez les graines et ceux que l'on trouve dans d'autres organes végétaux ou chez d'autres organismes (bactéries, insectes...).

Bien que la prédilection des auteurs pour l'étude du facteur lumière rende le plan des chapitres 3 et 4 un peu confus et leur lecture parfois lourde, l'ouvrage reste assez facile à lire. Écrit dans un anglais aisé, il est à la portée de quiconque possède quelques connaissances dans les domaines physicochimique et surtout biochimique. Il fournit sur le sujet traité une bonne vue d'ensemble où tous les phénomènes essentiels sont discutés, ainsi que de nombreuses références. A noter toutefois que ces dernières s'arrêtent à 1960.

H-A R.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs,* précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ;— *le nom de l'établissement,* dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *sommaire :* résumé suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction,* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé,* en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats,* à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion ;* f) *résumé* destiné à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborations, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques.*

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très *complet* placé en tête de l'article. Les figures graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.)l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de : et *al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatres langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la World List of Scientific Periodicals, ou le Bulletin Signalétique du C. N. R. S. ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapître cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d' « Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit.

Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur feuille séparée, et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés *à l'état de projets,* leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* × 0,5. *soit* × 0,25

Il est rappelé que le format utile des Annales est : 19 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparées et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront deux épreuves à corriger. Les corrections « d'auteur » ne sont autorisées que sur le premier jeu d'épreuves.

Envoi du manuscrit : M. MAYER, Centre national de Recherches agronomiques, Versailles (Seine-et-Oise) France. On demande deux exemplaires.

Le Directeur-Gérant : M. L. Cagnac

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 3-1964.

Dépôt légal : 1er trimestre 1964. *N° d'impression : 182.*

ANNALES
DE
L'AMÉLIORATION
DES
PLANTES

VOLUME 14 1964 NUMÉRO 2

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle - PARIS-7e

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique,
à l'exception des sommaires et résumés.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (2), 101-130.

ÉTUDE COMPARATIVE DE LA CROISSANCE DE DEUX VARIÉTÉS DE BLÉ TENDRE

P. JONARD

avec la collaboration technique de S. VERGARA

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Centre national de Recherches agronomiques, Versailles (Seine-et-Oise)

SOMMAIRE

L'étude faite de 1957 à 1962 à Versailles, dont le climat est tempéré, a pour objet de déceler les différences de croissance en matière sèche pouvant éventuellement exister entre deux blés présentant un type de développement différent : *Étoile de Choisy* et *Cappelle*.

L'examen de l'allure des courbes d'évolution de la matière sèche de la tige principale, au cours des périodes de reproduction et de maturation, ne révèle pas d'écarts notables. Pour les deux variétés, les courbes obtenues présentent un aspect discontinu et sont sensiblement analogues.

Le cycle végétatif, du semis à la récolte, a été décomposé en plusieurs phases, délimitées par des stades caractéristiques de l'épi. Certaines d'entre elles montrent des différences importantes dans le comportement des variétés, notamment en ce qui concerne la vitesse de croissance.

L'aptitude au tallage, la vitesse de croissance, ne sont pas semblables pour les deux blés pendant la phase précédant la formation des ébauches florales. *Cappelle* se différencie d'*Étoile de Choisy* par sa vitesse plus élevée d'émission de talles.

Au cours de la période reproductrice, d'autres dissemblances se constatent ; elles intéressent en particulier la pré-détermination de la fertilité de l'épi au cours de la phase s'écoulant de la formation de l'ovule à la floraison. Parmi les facteurs du milieu qui règlent le niveau de fertilité de l'épi, l'évapotranspiration potentielle paraît avoir un rôle déterminant. Il a été aussi constaté que la migration des réserves de la tige vers le grain n'est pas la même pour les deux variétés.

I. — INTRODUCTION

L'amélioration d'une espèce quelconque, pour être pleinement efficace, demande, entre autres conditions, une connaissance approfondie de la physiologie des variétés qui la composent. Cette nécessité est encore plus impérative lorsqu'on passe au

stade « exploitation en culture » car l'emploi d'une variété, dans un milieu donné, commande le choix :

a) du type le mieux adapté,

b) des techniques culturales les mieux appropriées à ce type en vue d'en obtenir le rendement maximum.

Pour répondre à cette dernière condition, l'étude des processus de croissance paraît indispensable ; elle peut contribuer à résoudre les problèmes posés par les réactions du végétal au climat et au sol et, en particulier, expliquer le comportement différent de certains « types » soumis à l'influence du même milieu.

On peut aussi penser que ce travail s'inscrit dans un programme de sélection, car il permet de définir plus complètement les géniteurs susceptibles d'être utilisés, rendant ainsi le travail d'amélioration plus rationnel.

De nombreux ouvrages traitent des points particuliers de la croissance. Certains ont révélé l'existence de périodes critiques, ou de stades critiques, dans l'évolution de la plante qui peuvent avoir, dans la production ultérieure des grains, une influence déterminante qui n'apparaît pas toujours d'une façon évidente. Parmi les nombreux auteurs s'étant penchés sur ces problèmes, il faut citer Van de Sande Bakhuyzen. Cet auteur a étudié particulièrement de 1926 à 1937, la croissance des divers organes du Blé sous des conditions constantes. Il a mis en évidence les relations existant entre l'azote, l'humidité et le poids sec de la plante. En 1944, H. Geslin publie une thèse de Doctorat ès Sciences dans laquelle il relate les résultats de ses recherches relatives aux lois de croissance du Blé en fonction de certaines données climatiques. Il définit une « constante héliothermique » qui apparaît comme une caractéristique écologique variétale intervenant dans la montée du blé. Il trouve, par ailleurs, un facteur élémentaire d'action K $(K = t\sqrt{R})$ où t représente la température et R la radiation globale, qui rend compte de l'influence du climat sur la croissance. En 1953, Johnson montre l'action de la photopériode sur la hauteur des plantes (donc sur la quantité de matière sèche formée). Il trouve des réactions variétales très nettes et différentes suivant le type du blé. Pope, en 1932, dans une étude sur la croissance de l'Orge, indique que les courbes obtenues présentent des irrégularités, mais ne semble pas attacher d'importance à ce phénomène. Il note seulement qu'elles doivent être en relation avec des changements dans le développement de la plante.

L'ouvrage qui a retenu le plus particulièrement notre attention est celui de L. C. Hammond et Don Kirkham qui ont souligné d'une façon nette, les liaisons entre les stades et les changements de rythme de croissance de la plante. A la suite de leurs recherches sur le Maïs et le Soya, ils mettent en évidence les modifications de vitesse de croissance qui sont liées à des états physiologiques précis. Les courbes représentatives ne sont pas des courbes en S, mais se présentent sous forme d'une série de courbes exponentielles délimitées par des stades de la plante qui constituent des moments critiques. Ils déterminent ainsi pour le Soya trois périodes : l'une (I) présentant une grande vitesse de croissance, jusqu'à la floraison, la deuxième (II) une vitesse plus réduite qui se situe au moment où les plantes atteignent leur maximum de hauteur et enfin une troisième période, à vitesse encore plus réduite, qui se termine à la maturité. Pour le Maïs, le premier changement de rythme se situe à l'épiaison mâle, le second à l'épiaison femelle, le troisième débutant après le moment où les plantes ont atteint leur taille maximum.

En nous inspirant de ce travail, nous avons voulu vérifier si leurs observations pouvaient s'appliquer au Blé. Nous basant sur des recherches précédentes qui avaient abouti à la détermination de repères biologiques en partant des divers états de l'épi, nous avons essayé de déceler si les phases ainsi délimitées correspondaient à des rythmes de croissance variables et, par ailleurs, s'il existait des périodes critiques au cours desquelles certains facteurs climatiques avaient une importance prépondérante ; par voie de conséquence, nous avons essayé de dégager le rôle de cette action sur les composantes du rendement (tallage et poids de grains par épi). En outre, nos recherches avaient comme autre objectif de mettre en évidence les différences éventuelles pouvant exister entre variétés présentant des types de développement très différents.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODE

1) *Choix des variétés*

Dans le but de déceler s'il existait une différence entre les variétés de Blé tendre en ce qui concerne les processus de croissance, nous avons fait appel à deux Blés possédant un type de développement différent : *Étoile de Choisy* très précoce et *Cappelle* demi-tardif. Les études poursuivies à Versailles ont duré cinq ans de 1957 à 1961.

Dans l'expérience, dont les résultats sont relatés ci-après, il était nécessaire de définir des repères biologiques servant à scinder le cycle évolutif de la plante pour caractériser avec suffisamment de précision les deux variétés étudiées. Pour cela nous avons employé les critères déjà définis dans une précédente publication. Nous rappelerons simplement leurs symboles.

Au cours de la végétation, l'épi de blé passe par une succession d'états caractéristiques permettant de jalonner la vie de la plante. Nous avons distingué :

1) *le stade A*, indiquant le début de différenciation de l'apex (apparition de la première ébauche d'épillet et début d'élongation d'un entre-nœud) ;
2) *le stade B*, défini par la première différenciation des glumes. A ce stade le nombre d'épillets observés est très voisin de celui constaté à l'épiaison ;
3) *le stade C*, correspondant à l'apparition des ébauches d'étamines ;
4) *le stade* C_2, défini par le début de différenciation des stigmates et se produisant à peu près au moment de la formation active de l'ovule ;
5) *le stade D*, qui marque le début de la méiose des organes mâles ;
6) *le stade E*, définissant l'épiaison ;
7) *le stade F*, qui représente la floraison.

Chacun de ces stades était considéré comme réalisé, pour une variété, lorsque 50 p. 100 des plantes observées présentaient l'un des états indiqués ci-dessus.

A l'aide de ces repères nous avons pu mettre en relief les grandes différences existant entre les deux Blés et qui les caractérisent : *Étoile de Choisy* réalise le stade B en moyenne 14 jours avant *Cappelle* ; cet écart se maintient par la suite ; à la floraison il est encore de 12 jours. Entre ce stade et la maturité en n'observe pas à Versailles, en l'absence d'échaudage, de différence significative de durée. Si l'on exprime en nombre de jours la période s'étendant du semis au stade B (pour des semis effectués à la fin d'octobre) on obtient les valeurs moyennes suivantes :

143 jours pour *Étoile de Choisy*,
157 jours pour *Cappelle*.

Du stade B à la floraison, il s'écoule 64 jours pour la première variété et 63 jours pour la seconde. C'est donc le temps écoulé entre le semis et la différenciation des glumes qui départage les deux variétés et qui détermine la précocité chez *Etoile de Choisy*.

En dehors de ces différences dans le développement, d'autres caractéristiques soulignent la dissemblance de ces deux Blés qui découle vraisemblablement du type de développement particulier à chacune des variétés. Nous avons résumé dans le tableau suivant ces principales caractéristiques.

TABLEAU I

Semis effectués à Versailles le 23 ou 25 octobre aux écartements suivants :
0,20 m entre les lignes,
0,04 m sur la ligne

	Pour une plante		Pour la tige principale					
	Tallage		Hauteur de la tige en m.	% d'épillets avortés à la base de l'épi	Nombre d'épillets totaux	Poids de 1 000 grains en gr.	Nombre de grains par épi	Épaisseur moyenne de la tige en mm.
	herbacé	épis						
Étoile de Choisy	5,7	3,5	1,03	0,8	21,1	45	50	4,21
Cappelle	9,9	4,0	1,05	3,7	22,3	52	45	3,61

Enfin d'autres caractères différentiels existent : résistance à la verse plus grande chez *Étoile de Choisy*, sensibilité à l'échaudage plus accentuée chez *Cappelle*.

2) *Modalités de semis et notations des stades*

Pour permettre aux deux blés d'exprimer au mieux leurs diverses possibilités, les grains avaient été semés espacés de 0,04 m sur les lignes, celles-ci étant séparées par un écart de 0,20 m. La densité ainsi obtenue était de 125 plantes au mètre carré, correspondant à un poids de semences de l'ordre de 60 kg à l'hectare. Les semis avaient été réalisés à la main à une profondeur de 2 à 3 cm.

Les dates auxquelles ils avaient été effectués étaient les suivantes : 23 octobre (1957, 1959, 1960), 25 octobre 1958, 15-16 novembre (1958 et 1961). Pour toutes les années le précédent cultural était le même : luzerne enfouie après la première coupe. Le sol, constitué par un limon riche et profond, bien pourvu en eau, est capable de donner des rendements dépassant 65 qx/ha à l'hectare. Ces différentes considérations montrent que les deux variétés avaient été placées dans les meilleures conditions de culture, propres à permettre l'extériorisation de leur productivité. Après la levée, les vides avaient été comblés à l'aide de plantes provenant d'une parcelle de réserve semée dans les mêmes conditions que l'essai, de façon à respecter l'écartement adopté, ce qui était indispensable pour l'homogénéité des prélèvements futurs. Les deux blés avaient été répartis au hasard dans l'essai. Chaque parcelle, mesurant sept mètres de long sur un mètre de large, était séparée de la suivante par un chemin de 0, 40 m ; ce dispositif permettait de réduire au maximum le piétinement du sol au semis. L'essai comportait cinq répétitions par variété.

Un des points capitaux dans le schéma de l'expérience était la détermination exacte des différents stades. Pour cela, 50 plantes étaient récoltées par variété sur l'ensemble des bordures limitant l'essai ; cet échantillon était analysé du point de vue stade foliaire, nombre de talles par plante et stade de l'épi. Ce dernier était observé après dissection de la tige. Pour éviter de trop nombreux prélèvements, l'approche d'un stade quelconque était relié à la réalisation d'un stade foliaire (nombre de feuilles). Ce n'est qu'à partir de cet état que les prélèvements commençaient pour la fixation du stade de l'épi ; à partir de ce moment, tous les jours ou tous les deux jours, l'on prélevait des plantes à analyser jusqu'à ce que toutes celles-ci aient atteint le stade considéré.

Nous pouvions alors fixer avec une précision suffisante, grâce aux courbes établies à partir des chiffres observés, le moment où 50 p. 100 des plantes étaient à l'état recherché. Ceci nous a permis de mettre en évidence que du début à la fin de la réalisation d'un stade, il pouvait s'écouler, suivant les années, des durées variables. Cette observation a montré l'amplitude de fluctuation enregistrée pour les stades A (allant de 12 à 29 jours) et B (de 4 jours à 12). Pour les suivants, cette amplitude devient plus réduite et pour la floraison elle va de 3 à 4 jours. Ces différences annuelles paraissent liées à la température.

Les dates de manifestation sont elles-mêmes très variables ; par exemple le stade A, pour *Étoile de Choisy* peut s'observer dès le 4 janvier (1957) ou plus tardivement 16 février (1959). Le stade B

pour la même variété peut se réaliser le 11 mars (1957) ou plus tard 27 mars (1958). Ces notations sont valables pour des semis de fin octobre.

Dans le tableau 2 nous avons récapitulé les dates auxquelles se sont produits les divers stades de l'épi.

TABLEAU 2

Dates de réalisation des stades (à 50 %)

		Stade A	Stade B	Stade C_2	Stade D	Stade E	Stade F
Étoile de Choisy							
Semis fin octobre (22 et 23)	1957	8-1	10-3	9-4	27-4	14-5	26-5
	1958	27-1	26-3	29-4	8-5	20-5	30-5
	1959	16-2	24-3	27-4	6-5	15-5	23-5
	1960	5-1	14-3	9-4	28-4	11-5	17-5
Semis 15-16 novembre	1958	23-2	4-4	3-5	13-5	27-5	3-6
	1961	16-2	19-3	17-4	—	12-5	20-5
Semis 26 novembre	1960	25-2	27-3	20-4	—	14-5	22-5
Cappelle							
Semis fin octobre (22 et 23)	1957	27-1	25-3	3-5	20-5	2-6	10-6
	1958	3-2	10-4	8-5	22-5	2-6	12-6
	1959	26-2	6-4	8-5	16-5	30-5	5-6
	1960	31-1	1-4	4-5	14-5	25-5	1-6
Semis 15-16 novembre	1958	6-3	22-4	14-5	29-5	9-6	17-6
	1961	21-2	6-4	5-5	—	31-5	9-6
Semis 26 novembre	1960	29-2	8-4	8-5	—	30-5	—

3) *Prélèvement et préparation des échantillons*

Lorsque les plantes présentaient deux feuilles, un prélèvement avait été fait certaines années (1959 et 1960) afin d'étudier l'évolution du poids sec au début de la période végétative. Mais c'est surtout au commencement du stade A que les récoltes deviennent plus fréquentes. Les deux premières années, qui ont permis de préciser le mode opératoire, 30 prélèvements avaient été faits ; les trois années suivantes, ce chiffre avait été ramené à 15 ou 20, localisés seulement aux moments où les stades étaient en voie de réalisation.

Afin de réduire au maximum les fluctuations individuelles de poids, frais ou sec, la récolte était faite sur une longueur déterminée : 0,25 m et la moyenne d'une plante était obtenue à partir des six qui se trouvaient comprises dans la distance prélevée. Cet échantillonnage était effectué sur les cinq répétitions de l'essai.

Les 5 lots récoltés par variété étaient analysés séparément. Les plantes étaient débarassées de leurs racines de façon à ne retenir que la partie foliaire. La tige principale était ensuite séparée des talles qui étaient comptées ; puis les deux lots ainsi constitués étaient pesés séparément et mis à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, temps après lequel la pesée avait lieu. Les échantillons étaient de nouveau placés dans l'étuve et pesés 6 heures après. En général, 24 heures de dessication étaient suffisantes pour arriver au poids sec définitif, surtout dans la première moitié du cycle végétatif.

Pour calculer le nombre de grains par épi, celui-ci était mis directement à l'étuve sans battage préalable, ce dernier étant effectué après une première dessication, rendant l'opération nettement plus facile et plus rapide. Ensuite les grains étaient mis de nouveau à sécher afin d'établirle poids sec définitif.

4) *Conditions climatiques des cinq années d'essai*

Les chiffres nous ont été fournis par la Station de Bioclimatologie de Versailles, ainsi que l'appréciation générale du climat de l'année. Les données concernant la température ou l'évapotranspiration potentielle, que nous avons été amenés à utiliser, nous ont été également données par la même station et nous tenons à la remercier.

Avant d'aborder l'examen et la discussion des résultats afin de comprendre certaines différences annuelles, il est utile de résumer les principales caractéristiques climatiques des années 1957 à 1961.

1957 a été caractérisée par un hiver et un printemps doux ; l'été a présenté deux périodes de fortes chaleurs entre le 12 et le 20 juin et pendant la première décade de juillet. La pluviométrie a été inférieure à la normale, particulièrement au printemps ; par contre, en été on a enregistré des précipitations supérieures à la normale saisonnière.

En 1958, l'hiver a été doux sans être exceptionnel avec une moyenne de 4°C. Au printemps, froid dans l'ensemble, on a relevé des gelées atteignant — 4°C ; cependant la première décade de mai est chaude ; au cours de l'été on observera des températures nettement inférieures à la normale. En définitive, cette année a été caractérisée par un temps froid, avec des précipitations nombreuses et excédentaires en millimètres.

Au cours de l'année 1959, les températures ont été, dans leur ensemble, supérieures à la normale, avec cependant des valeurs inférieures à celles-ci en janvier et février. Au cours du printemps et de l'été, particulièrement chauds, on relève des températures anormalement fortes pour les saisons, avec, en juillet, des valeurs maximales souvent supérieures à 30°C.

Les précipitations ont accusé un déficit à partir de la fin du printemps au cours duquel s'est installée une sécheresse qui n'a pris fin qu'en octobre.

En 1960, l'hiver a été relativement doux, avec une période froide située dans la deuxième décade de janvier. Ce temps doux va persister pendant le printemps qui est toutefois marqué par un refroidissement à la fin d'avril et au début de mai. Dès l'été, le mauvais temps va s'installer et se maintenir froid et humide jusqu'à l'automne. La sécheresse qui paraissait s'amorcer cesse dès le mois de juin à partir duquel les pluies deviennent excédentaires.

L'année 1961 est caractérisée par un temps exceptionnellement chaud de février à mai ; puis un refroidissement se produit allant de la fin du printemps jusqu'au mois d'août. La pluviométrie de l'hiver est voisine de la normale. En été, l'ensemble des précipitations est inférieur à la normale.

Les chiffres suivants (tableau 3) illustrent globalement les différences fondamentales relevées pour les cinq années.

TABLEAU 3

Caractéristiques climatiques des années 1957, 1958, 1959, 1960, 1961 à Versailles

	Durée d'insolation (en heures)	Pluviométrie (en millimètres)	Nombre de jours de pluie	Température moyenne
1957	1 772	511	160	10°7
1958	1 643	729	170	10°2
1959	2 222	443	128	11°1
1960	1 808	718	181	10°8
1961	1 938	563	146	11°1
Normale à Versailles	1 870	595	158	10°3

Nous avons fait appel, pour interpréter l'action du climat sur la croissance, à deux données climatiques importantes : la température et l'évapotranspiration potentielle.

En ce qui concerne la température, nous avons retenu celle qui est enregistrée à deux mètres sous abri. Il est évident qu'elle ne correspond pas exactement à celle supportée par le végétal, mais elle donne l'ambiance thermique, dégagée des phénomènes de turbulence. C'est en fonction de cette donnée que sont exprimées les vitesses de croissance, ainsi que la courbe d'évolution de la matière sèche.

L'évapotranspiration potentielle (E.T.P.) est un élément du climat dont l'action sur la photosynthèse a été mise en évidence par de nombreux auteurs. On sait que cette dernière dépend des échanges gazeux, c'est-à-dire, pour une grande part de l'ouverture des stomates ; elle se trouve donc reliée à l'essentiel des phénomènes de transpiration. Pour cette raison nous avons utilisé ce facteur climatique afin d'apporter une explication sur le rôle du milieu dans certains phénomènes particuliers de la croissance.

Nous rappellerons brièvement la définition de l'évapotranspiration potentielle (E.T.P.) donnée par R. J. BOUCHET en 1961 :

« L'évapotranspiration potentielle correspond à la perte d'eau totale en phase gazeuse d'un couvert végétal abondant, largement alimenté en eau ; elle comprend donc les transpirations cuticulaires et stomatiques des plantes et l'évaporation du sol ; elle dépendrait uniquement des facteurs climatiques et serait indépendante du type de végétal.

« L'E.T.P. définirait l'évapotranspiration maximale sous un climat donné. Elle est habituellement mesurée par des évapotranspiromètres ou calculée à partir de formules climatiques préalablement testées. » Dans notre texte elle est exprimée en hauteur d'eau (en millimètres) comme les pluies.

III. — RÉSULTATS

Les données obtenues, relatives à la tige principale, nous ont servi à tracer, pour les deux variétés et pour les quatre années ayant la même correspondance de date de semis, une série de courbes représentant l'évolution de la matière sèche de la plante depuis le stade A jusqu'à la maturité. Nous avons séparé les courbes relatives à l'organe végétatif (tige, feuilles, rachis de l'épi et pièces florales) de celles représentatives de l'évolution du poids sec de grains pour un épi. En ordonnée sont portés les poids de matière sèche et en abscisse les sommes de températures planimétrées (fig. 1).

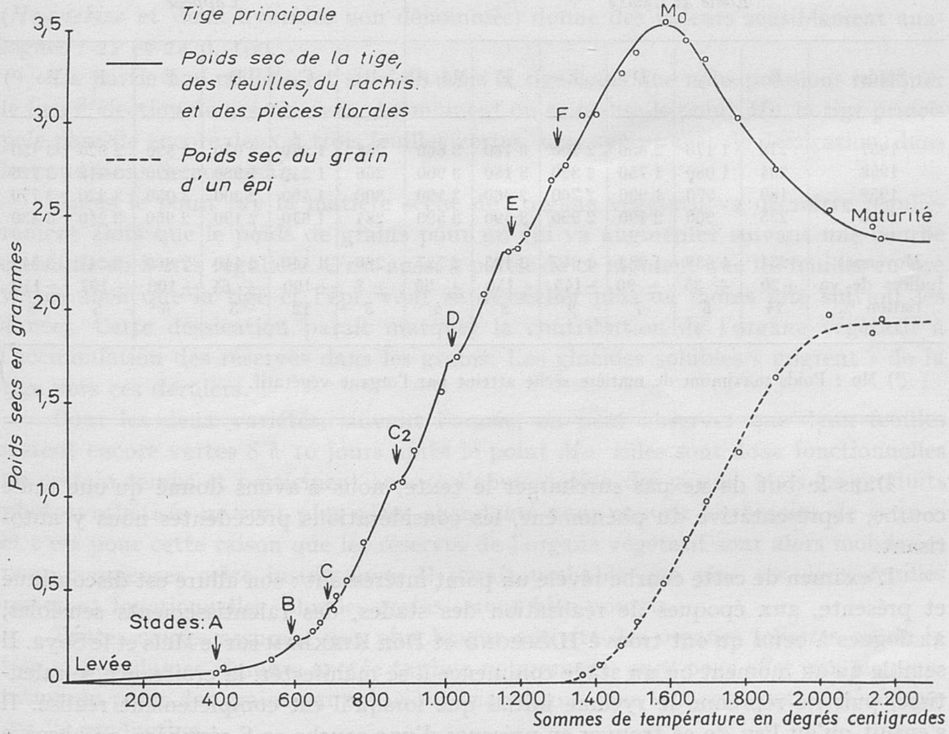


FIG. 1. — *Étoile de Choisy : Courbes d'évolution de la matière sèche*

L'allure générale des courbes pour les deux variétés et les diverses années est peu différente. On enregistre des fluctuations annuelles dont l'amplitude est relativement faible en l'absence de tout accident parasitaire. Ceci se traduit, pour une variété, par une valeur peu variable des chiffres relevés pour un stade donné comme

le montre le tableau 4, lorsque évidemment on s'adresse à des semis effectués à la même date. Pour des dates ou des densités de semis différentes, les écarts sont nettement plus importants.

On peut remarquer que pour les quatre années, si dissemblables du point de vue climatique, les indices de variation sont relativement peu élevés ; cela démontre la constance des chiffres obtenus pour un stade déterminé et une date de semis fixe, compte tenu des erreurs qui peuvent se produire dans leur notation ou dans l'échantillonnage. Pour des semis plus tardifs de mi-novembre, les chiffres obtenus sont inférieurs de 9 à 20 p. 100 à ceux de fin octobre. De même pour des densités doubles on obtient des diminutions, par rapport à une densité de 125 plantes au mètre carré, de l'ordre de 12 à 21 p. 100.

TABLEAU 4

Poids secs (en milligrammes) atteints par la tige principale aux différents stades (org. vég. seulement) ; semis des 23 et 25 octobre

	Étoile de Choisy						*Cappelle*					
Stades	B	C_2	D	E	F	Mo (1)	B	C_2	D	E	F	Mo (1)
1957	278	1 170	2 050	2 700	3 180	3 660	288	1 240	2 070	2 590	2 920	3 150
1958	234	1 080	1 750	2 320	3 150	3 900	266	1 240	1 980	2 920	3 410	3 720
1959	180	970	1 990	2 760	2 860	3 490	308	1 490	2 200	3 050	3 330	3 770
1960	235	900	2 190	2 990	3 590	3 590	284	1 670	2 190	2 960	3 210	3 530
Moyennes	231	1 030	1 982	2 647	3 195	3 727	286	1 410	2 110	2 880	3 217	3 542
Indices de variation %	±20 14	± 35 6	± 90 7	±145 9	±150 8	± 95 4	± 8 5	±100 12	± 64 5	±100 6	±107 5	±140 6

(1) Mo : Poids maximum de matière sèche atteint par l'organe végétatif.

Dans le but de ne pas surcharger le texte, nous n'avons donné qu'une seule courbe, représentative du phénomène, les considérations précédentes nous y autorisant.

L'examen de cette courbe révèle un point intéressant : son allure est discontinue et présente, aux époques de réalisation des stades, des ralentissements sensibles, analogues à ceux qu'ont trouvé HAMMOND et DON KIRKHAM sur le Maïs et le Soya. Il semble qu'au moment où un stade commence à se manifester, la croissance se ralentisse, puis ne reprenne le rythme initial que lorsqu'il est complètement réalisé. Il s'ensuit qu'au lieu de se trouver en présence d'une courbe en S régulière, on observe une succession de courbes exponentielles, telles que les avaient décrites les deux auteurs américains.

On peut admettre que chacune des parties de la courbe générale représente l'accroissement en matière sèche, d'un entre-nœud et de la feuille correspondante. Cela démontrerait que celui-là ne commence à croître activement que lorsque le précédent est en fin de croissance. La corrélation qui semble exister entre ce phéno-

mène et les stades de l'épi amène à avancer deux hypothèses : la première selon laquelle la croissance de l'entre-nœud serait en partie inhibée au moment où les méristèmes de l'épi se divisent activement pour donner soit les ébauches de glumes, soit les ébauches d'étamines etc. ; la deuxième qui admettrait que la réalisation des divers stades n'est possible que lorsque l'activité de l'entre-nœud correspondant se ralentit. La première hypothèse nous semble plus séduisante et paraît plus en accord avec les phénomènes de dominance apicale.

A partir de la floraison, alors que l'élongation de la tige est arrêtée, la matière sèche de l'organe végétatif continue à croître jusqu'à un certain point symbolisé par l'expression *Mo,* qui se situe, environ, 20 à 22 jours après la floraison et 3 à 5 jours avant le début du palier hydrique du grain tel qu'il a été défini par H. GESLIN et P. JONARD.

Ce point *Mo* représente le maximum de matière sèche produit par la tige principale d'une plante. De la floraison à *Mo* le grain s'organise, mais ses besoins sont bien inférieurs à ce que fournit la photosynthèse de la plante ; 23 p. 100, en moyenne, de la matière sèche élaborée sont seulement absorbés par le grain en formation et ceci pour les deux variétés étudiées. Une vérification faite à l'aide de trois autres variétés (*Heurtebise* et deux hybrides non dénommés) donne des valeurs sensiblement analogues : 21 et 24 p. 100.

La partie non utilisée est stockée dans la tige, sans que nous puissions indiquer le lieu d'élection de ces réserves. Au moment où se réalise le point *Mo,* la tige principale possède encore deux à trois feuilles vertes, sans symptômes de dessication, dans les conditions de nos essais.

Après le point *Mo* la matière sèche de l'organe végétatif va décroître régulièrement alors que le poids de grains pour un épi va augmenter suivant une courbe classique en S très régulière. C'est aussi à partir de ce moment que les feuilles encore vertes ainsi que la tige et l'épi, vont se dessécher plus ou moins vite suivant les années. Cette dessication paraît marquer la contribution de l'organe végétatif à l'accumulation des réserves dans les grains. Les glucides solubles « migrent » de la tige vers ces derniers.

Pour les deux variétés, suivant l'année, on peut observer que deux feuilles restent encore vertes 8 à 10 jours après le point *Mo.* Elles sont donc fonctionnelles un certain temps et participent aussi à l'alimentation des grains. Mais les produits photosynthétisés ne sont plus assez abondants pour couvrir les besoins de ceux-ci et c'est pour cette raison que les réserves de l'organe végétatif sont alors mobilisées pour compenser cette insuffisance. Il paraît probable que plus ces deux feuilles resteront fonctionnelles, plus les grains seront bien nourris.

Toutes causes assurant une plus longue activité des organes foliaires ou de la tige et des glumes (fumure azotée tardive notamment) aura pour effet une augmentation du poids des grains par épi. Nous analyserons plus loin cette action bénéfique sur la production.

C'est pendant la période s'étendant de la floraison à *Mo* que le grain acquiert, sa longueur définitive. La largeur et l'épaisseur constituent à ce moment une potentialité qui se matérialisera du point *Mo* à la maturité, lorsque les plastes auront transformé les sucres solubles en amidon. Ces divers aspects de l'évolution du grain ont été décrits dans une précédente publication et nous n'insisterons donc pas ici sur ce point particulier. On peut cependant observer que *Cappelle* à grain

plus long qu'*Étoile de Choisy* présente déjà à *Mo* un poids de mille grains supérieur de 11 p. 100 en moyenne à celui de cette dernière variété.

Si l'on considère la plante entière, tige principale et talles, il faut indiquer qu'à partir du stade C_2, ou peu avant le stade D, les talles qui ne donneront pas d'épis commencent à régresser. C'est à partir de la méiose que cette régression s'accentue. A l'épiaison ces talles sont entièrement sèches et beaucoup d'entre elles ont disparu.

Nous allons maintenant analyser plus en détail les phénomènes caractéristiques que l'on peut étudier au cours des diverses phases délimitées par les stades de l'épi.

Période végétative

Elle s'étend du semis au stade A. Elle montre, à l'analyse, un comportement différent des deux variétés. Pour faciliter l'exposé nous examinerons séparément, l'évolution de la tige principale et celle de l'ensemble des talles d'une plante.

a) *Tige principale*

Pour les quatre années où les semis ont été faits aux environs du 23 octobre, on constate, au stade A, que la matière sèche formée pendant la période végétative est sensiblement la même pour les deux variétés : en moyenne 65 mg pour *Étoile de Choisy* et 66 mg pour *Cappelle*. Les différences annuelles, quand elles existent, ne sont jamais significatives.

Par contre, la durée de cette période, caractérisant le type de développement, est variable ; il en est de même pour la somme de températures plus faible pour *Étoile de Choisy* que pour *Cappelle ;* ceci entraîne une différence nette du point de vue vitesse de croissance, exprimée journellement ou en fonction de la température. Dans ce dernier cas, la vitesse moyenne, établie sur quatre années, d'*Étoile de Choisy* est supérieure à celle de *Cappelle* (23 p. 100). Quelle que soit l'année, elle est toujours plus élevée, significativement pour trois années, non significativement en 1957 par suite d'une trop forte hétérogénéité des valeurs obtenues.

Pour des semis plus tardifs (15 novembre) ce phénomène ne se retrouve plus, mais paraît inversé ; en effet, sans que cela soit significatif, il y a une supériorité de *Cappelle* à cet égard (8 p. 100) ; pour les deux époques de semis, la vitesse de croissance apparaît diminuée par un semis tardif pour *Étoile de Choisy* (0,13 mg contre 0,16 mg) et plutôt améliorée pour *Cappelle* (0,14 mg contre 0,13 mg).

b) *Talles*

Au cours de la période végétative, les talles des trois premières feuilles se développent d'une façon différente pour les deux blés ; au stade A (fin de la période) on compte en moyenne, pour les cinq années, une ou deux talles pour *Étoile de Choisy* et deux à trois pour *Cappelle*. Pour des semis d'octobre, *Cappelle* possède un poids sec de talles (par plante) plus élevé que celui *d'Étoile de Choisy :* 25 mg en moyenne contre 12 mg. La vitesse de croissance de ces organes montre une différence aussi forte : *Cappelle* 0,05 mg, *Étoile de Choisy* 0,03 mg (vitesse exprimée en fonction de la température) soit une différence de 40 p. 100 en faveur de la première variété.

Les semis tardifs amènent une baisse du poids sec, plus accentuée pour *Étoile de Choisy* que pour *Cappelle ;* pour la première variété, on passe de 12 mg en octobre à 3 mg en novembre, soit quatre fois plus faible alors que pour *Cappelle* les chiffres sont respectivement : 25 mg et 11 mg soit 2,2 fois moins.

Il ne semble pas que ce soit la température qui détermine cette différence entre les dates de semis ; la température journalière moyenne s'établit à 5°,1 pour les semis d'octobre et 5°,0, pour ceux de novembre. Elle ne permet pas d'expliquer leur comportement différent.

Comment interpréter ces écarts de comportement si l'on ne peut les rapporter à un élément du climat prépondérant, agissant directement sur le métabolisme de la plante, donc sans passer par un processus intermédiaire qui se trouve, lui, dépendre de facteurs climatiques complexes.

On peut envisager l'hypothèse, en considérant la plante dans son ensemble, qu'il existe une certaine compétition entre la tige et les talles. Le fait suivant apporterait un argument en sa faveur : on observe souvent, chez *Étoile de Choisy*, un avortement de la talle de première feuille; si cela ne se produit pas, c'est alors celle de la deuxième feuille qui avorte. Chez *Cappelle* on ne note pas cette anomalie et, au contraire, la talle de troisième feuille existe fréquemment. Le tallage herbacé moyen s'établit à : 1,7 pour *Étoile de Choisy* et 2,5 pour *Cappelle* au stade A.

En nous basant sur les vitesses de croissance, nous avons essayé de chiffrer l'importance de cet effet compétitif, en l'exprimant par le rapport entre la vitesse de croissance de la tige principale et celle de l'ensemble des talles d'une plante ; nous pensons qu'il ne faut pas prendre ces chiffres en valeur absolue, mais plutôt considérer qu'ils donnent une indication, peut-être grossière, de l'importance de l'effet de la compétition.

TABLEAU 5

$$\textit{Rapport} : \frac{\textit{Vitesse de croissance (tige principale)}}{\textit{Vitesse de croissance (talles)}}$$

	Semis d'octobre	Semis de novembre
Étoile de Choisy	$\frac{0,162}{0,031} = 5,2$	$\frac{0,132}{0,0085} = 15,5$
Cappelle	$\frac{0,132}{0,052} = 2,5$	$\frac{0,142}{0,0285} = 4,9$

On notera, quelle que soit la date de semis, que la compétition est nettement plus forte pour *Étoile de Choisy*. On pourra observer qu'elle augmente avec les semis tardifs, moins cependant pour *Cappelle* que pour l'autre variété.

Pour vérifier si ces observations avaient une portée plus générale, nous avions semé en 1960 une autre variété : *Heurtebise*, et en 1961 deux hybrides obtenus à la Station, l'un d'un type de développement voisin de celui d'*Étoile de Choisy*, l'autre de celui de *Cappelle*, Les chiffres obtenus confirment les résultats que nous exposons ci-dessus, à savoir un rapport plus élevé pour les blés à type de développement rapide que pour ceux à développement plus lent.

Il semble donc que cette compétition, au début du tallage, si elle est réelle, soit intimement liée au type de développement. Pour les Blés du type *Étoile de Choisy* dont la tige principale présente une croissance rapide, l'élaboration de matière sèche par les talles se trouve en quelques sorte freinée par la compétition qui s'établit entre les deux organes et qui est plus favorable au premier. Pour *Cappelle* dont la tige principale montre une vitesse moins grande, l'effet sur celle des talles est moins marqué.

Les observations rassemblées au cours de notre expérience permettent d'expliquer et de justifier certaines techniques de semis préconisées pour *Étoile de Choisy*, par exemple la nécessité de le semer plus tôt que *Cappelle*, de façon à supprimer l'effet de compétition sensible qui se manifeste avec vigueur pour les semis de novembre.

De même, malgré son faible tallage, *Étoile de Choisy* ne demande pas à être semé plus dru, car à la compétition s'établissant à l'intérieur de la plante viendrait s'ajouter celle entre plantes qui aurait pour effet de réduire encore le tallage herbacé. Ce phénomène de compétition entre talles d'une même plante paraît être très général et se retrouve notamment chez le *Dactyle*.

Au cours de cette période, une observation intéressante avait été faite en 1955 et 1957 et qui est relative à la teneur en eau des deux variétés. Au stade A, le pourcentage, d'eau contenu dans la tige d'*Étoile de Choisy* est plus élevé que celui de *Cappelle*, (84,7 p. 100 contre 80,2 p. 100) ; cette différence se maintiendra, avec des fluctuations dans les chiffres, jusqu'au stade C_2.

Un examen des feuilles des deux variétés avait été fait par M. ÉCOCHARD ; nous le donnons à titre indicatif, car il faudrait confirmer ce résultat par d'autres comptages faits sur des feuilles plus jeunes (3ᵉ, 4ᵉ feuilles par exemple). Prenant la 7ᵉ feuille, M. ÉCOCHARD a compté le nombre de stomates ainsi que le nombre de rangs de ceux-ci. Les valeurs obtenues sont données ci-dessous :

	Nombre de rangs	Nombre de stomates sur 5,3 mm de long
Étoile de Choisy.	29,3	32,5
Cappelle	33,5	37,7

Cappelle présenterait donc plus de stomates par unité de surface qu'*Étoile de Choisy*. Il est possible que ce qui est constaté sur la 7ᵉ feuille se retrouve pour les précédentes et que cette constitution soit à l'origine de la teneur en eau plus élevée de la deuxième variété, les possibilités d'évaporation étant plus réduites. Ceci pourrait donc constituer une barrière efficace à l'action de certains facteurs climatiques, notamment la température, lui permettant de mieux s'adapter à des conditions plus sèches.

A l'inverse, lorsque le milieu est plus favorable (climat tempéré humide) *Cappelle* plus « ouvert » au milieu extérieur réagirait mieux qu'*Étoile de Choisy*. Mais ce ne sont que des hypothèses qui demandent à être confirmées.

Période de reproduction

Elle s'étend du stade A à la floraison ; c'est au cours de son déroulement que se forment les organes sexuels. Elle peut se décomposer en quatre phases caractéristiques délimitées par des états particuliers de l'épi. Ce sont :

1º) la phase A-B, allant du stade A au stade B.

2º) la phase B-C_2, débutant à la fin de la précédente et se terminant au stade C_2,

3º) la phase C_2-D, comprise entre le stade C_2 et la méiose,

4º) la phase D-F, allant de la méiose à la floraison.

Les deux premières seront examinées séparément, les deux dernières étant rassemblées en une grande phase C_2-F car elles présentent une grande similitude de réactions.

a) *Phase A-B*

C'est pendant cette phase que les talles herbacées se forment activement et leur nombre définitif est acquis au stade B. Cette augmentation est rapide, ce qui se traduit par un accroissement accéléré et important de la matière sèche pour une plante.

Si l'on compare, par ailleurs, la vitesse de croissance des talles (exprimées en fonction de la température) au cours de la phase A-B à celle de la période précédente, on constate qu'elle est 27 fois plus élevée pour *Étoile de Choisy* et 40 fois plus forte pour *Cappelle* comme le montrent les chiffres suivants relevés pour des semis d'octobre.

	Étoile de Choisy		*Cappelle*	
	Vitesse de croissance (en milligrammes)	Valeurs relatives	Vitesse de croissance (en milligrammes)	Valeurs relatives
Phase levée-Stade A	0,031	100	0,052	100
Phase A-B	0,840	2 709	2,090	4 019

Cette augmentation importante se produit en un nombre de jours variable suivant les années et la date de semis (d'après nos observations de 34 à 68 jours). Cette durée est déterminée par la date d'apparition du stade A. S'il se réalise tôt, l'intervalle le séparant du stade B sera plus long car ce dernier ne peut se produire que si la longueur du jour atteint un certain seuil, variant avec le comportement photopériodique de la variété. Pour *Cappelle*, blé d'hiver, on ne constate pas, dans les conditions des essais, de stade B avant le 25 mars, c'est-à-dire tant que les jours ne deviennent pas supérieurs à 12 h 4 ; pour *Étoile de Choisy* qui est demi-hiver, le stade B a pu être noté le 10 mars (durée du jour 11 h.5).

Au cours de cette phase la vitesse de croissance de la tige principale est la même pour les deux variétés (0,62 mg). On relève des différences annuelles parfois signi-

ficatives mais qui se neutralisent. Elles reflètent les réactions variétales au climat de l'année ; c'est ainsi qu'en 1957, *Étoile de Choisy* est supérieur à *Cappelle* alors qu'en 1959 le résultat inverse se constate.

Comme pour le tallage, le coefficient d'augmentation de vitesse par rapport à la phase précédente, tout en étant moins spectaculaire, est tout de même de l'ordre de 3 à 4.

En ce qui concerne la croissance de l'ensemble des talles d'une plante, on relève par contre de grands écarts. *Cappelle* produit une quantité de matière sèche nettement plus élevée qu'*Étoile de Choisy* (moyenne pour les semis d'octobre : 780 mg contre 266 mg). Pour les semis de novembre on obtient 611 mg pour la première variété et 206 pour la deuxième.

Cette très forte différence ne paraît pas liée entièrement à la somme des températures qui ont été nécessaires pour assurer le déroulement de la phase, ou bien alors celle-ci aurait une importance capitale dans les processus de tallage, ce qui n'apparaît pas évident quand on compare la somme des températures enregistrées pour les deux variétés. En effet, on obtient pour *Cappelle*, durant la phase A-B 374° et pour *Étoile de Choisy* 316°, soit une différence de 18 p. 100, qui n'est d'ailleurs pas significative. Il existe probablement une autre cause aussi importante. Nous allons nous efforcer de la mettre en évidence.

Si l'on considère la croissance en fonction de la température, globalement pour l'ensemble des talles d'une plante, on note qu'elle est nettement plus élevée pour *Cappelle* que pour *Étoile de Choisy* : 2 mg contre 0,88 mg, c'est-à-dire 2,2 fois plus forte. On peut se demander si cette différence est consécutive à une vitesse individuelle plus grande. Or, pour les deux variétés on note la même moyenne générale 0,27 mg par talle. Ce n'est donc pas ce dernier élément qui agit.

Par contre, si l'on calcule le *nombre* de talles formées pour un degré de température pendant la période considérée, ce qui correspond à la *vitesse d'émission*, on obtient les moyennes suivantes :

0,12 pour *Étoile de Choisy*,
0,20 pour *Cappelle*.

Cette différence est très significative au seuil de probabilité de 0,001. Cela revient à dire que *Cappelle*, pour un degré de température émet 1,6 fois plus de talles qu'*Étoile de Choisy*. Lorsqu'on détermine la vitesse de croissance en matière sèche de l'ensemble des talles on mesure donc implicitement leur vitesse d'émission qui est liée au type de développement.

On sait que le nombre de talles primaires (formées à partir de bourgeons situés sur la tige principale) n'excède pas, pour des semis d'automne, la limite de 4, rarement 5. L'importance du tallage est fonction de la possibilité, pour ces talles, d'émettre des talles secondaires, celles-ci pouvant elles-mêmes donner naissance à des talles tertiaires. Ce processus peut être limité dès le début par l'activité de l'apex. En effet, lorsque le jeune épi commence à différencier ses pièces florales (stade B) le tallage s'arrête.

Pour les blés à développement rapide (*Étoile de Choisy*, *Languedoc*) l'action inhibitrice apicale se manifeste tôt, tant pour la tige principale que pour les talles qu'elle émet. En conséquence, ces dernières ne peuvent donner que peu de talles secondaires, leur activité étant rapidement stoppée. Si l'on admet l'hypothèse d'une certaine individualité des talles, on est amené à penser que ce qui se produit pour la

tige principale, peut se réaliser pour les talles successives, avec un décalage dans le temps. Pour les blés à développement lent (type *Cappelle*), les talles de talles primaires (talles secondaires) auraient la possibilité d'émettre de nouveaux rejets avant que l'épi de la talle primaire ne réalise son stade B. Ce rejet pourrait de même donner naissance à des talles tertiaires.

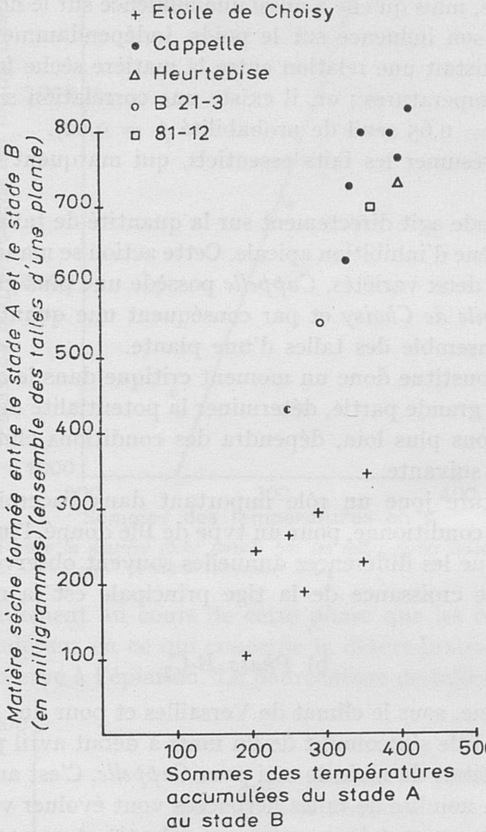


FIG. 2. — *Corrélation entre la matière sèche formée (phase A-B) et la température*

Il est évident que pour des semis normaux, au fur et à mesure que l'on avance dans la saison, les conditions de photopériode devenant de plus en plus favorables, il existe une limite qui est fonction de la réalisation de plus en plus rapide du stade B pour les diverses catégories de talles. En dehors de cette action climatique, l'abondance du tallage, par plante, est limitée par d'autres facteurs, en particulier la densité du semis, la richesse du sol et la date de semis.

On peut donc concevoir la croissance en matière sèche des talles d'une plante comme la résultante de deux actions : l'une liée à la photopériode, qui limite le nombre de talles émises suivant le type de développement de la variété, l'autre sous la dépendance de la température qui détermine la valeur plus ou moins grande du poids de matière sèche formée pour un type de développement déterminé.

Cette action de la température est soulignée par la figure 2, qui montre la corrélation existant entre la quantité de matière sèche formée au cours de la phase

A-B et la somme des températures relevées pendant cette phase ; le coefficient de corrélation $r = 0,79$ est significatif au seuil de $p = 0,01$.

Si nous groupons les blés par type de développement, nous nous rendons compte que le groupe *Étoile de Choisy* est nettement différent de celui de *Cappelle*. Cependant, on pourrait objecter que la température n'agit pas seulement sur la quantité de la matière sèche formée, mais qu'elle a aussi une influence sur le nombre de talles. Pour mettre en évidence son influence sur le poids, indépendamment du nombre, nous avons cherché s'il existait une relation entre la matière sèche formée pour une talle et les sommes de températures ; or, il existe une corrélation significative entre ces deux paramètres ($r = 0,65$ seuil de probabilité $p = 0,02$).

On peut donc résumer les faits essentiels, qui marquent cette phase A-B, en trois points :

1) La photopériode agit directement sur la quantité de talles émises, par l'intermédiaire du phénomène d'inhibition apicale. Cette action se manifeste par un comportement différent des deux variétés. *Cappelle* possède une plus grande vitesse d'émission de talles qu'*Étoile de Choisy* et par conséquent une quantité de matière sèche plus élevée pour l'ensemble des talles d'une plante.

La phase A-B constitue donc un moment critique dans le cycle évolutif du blé, car elle va, pour une grande partie, déterminer la potentialité du tallage épi ; celui-ci comme nous le verrons plus loin, dépendra des conditions climatiques rencontrées au cours de la phase suivante.

2) La température joue un rôle important dans l'accroissement en matière sèche des talles. Elle conditionne, pour un type de Blé donné, l'importance du tallage et, de ce fait, explique les différences annuelles souvent observées.

3) La vitesse de croissance de la tige principale est la même pour les deux variétés.

b) *Phase B-C_2*

Sa durée moyenne, sous le climat de Versailles et pour des semis de fin octobre est de 29 à 30 jours. Elle s'accomplit de fin mars à début avril pour *Étoile de Choisy* et de la mi-avril au début du mois de mai pour *Cappelle*. C'est au cours de son déroulement qu'un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges portant épi alors que d'autres verront leur croissance ralentie et commenceront à régresser un peu avant le stade C_2. A partir de ce stade, la dernière feuille pointe à l'extérieur. C'est une période de croissance active, la tige principale croît à une vitesse quatre à cinq fois plus élevée que celle observée à la phase précédente ; au même titre on observe, pour l'ensemble des talles, une vitesse de croissance fortement accrue, cinq à six fois plus forte que celle constatée au cours de la phase A-B (5,94 mg contre 0,88 pour *Étoile de Choisy*, 10,57 mg contre 2 pour *Cappelle*). On constate par ailleurs que la différence de vitesse de croissance de la tige principale entre les deux variétés n'est pas significative, la légère supériorité de *Cappelle*, en moyenne, étant annulée par les fluctuations annuelles trop fortes et les écarts sont tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

Le facteur climatique déterminant devient la température car, pour cette période l'évapotranspiration potentielle n'atteint pas encore des valeurs freinant la photosynthèse. On obtient une très bonne corrélation entre les sommes des températures et l'augmentation de poids sec des talles ($r = 0,81$) (fig. 3).

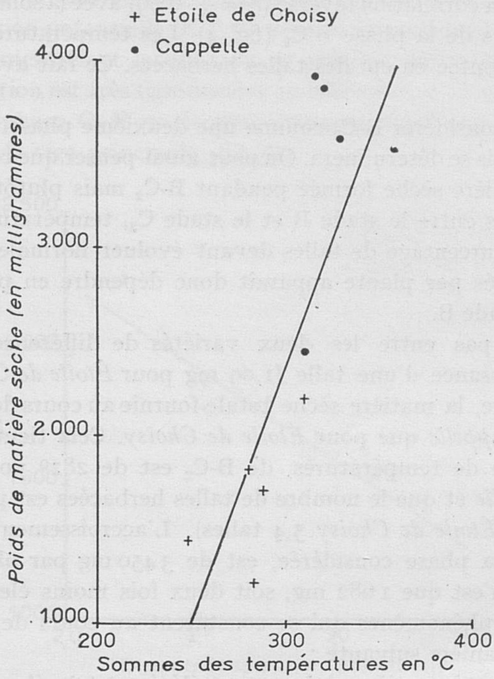


FIG. 3. — *Corrélation entre la matière sèche formée par les talles et les sommes de températures pendant la phase B-C_2*

C'est vraisemblablement au cours de cette phase que les conditions du milieu jouent un rôle prépondérant en ce qui concerne la détermination du nombre d'épis par plante qui sera observé à l'épiaison. Le pourcentage de talles herbacées qui don-

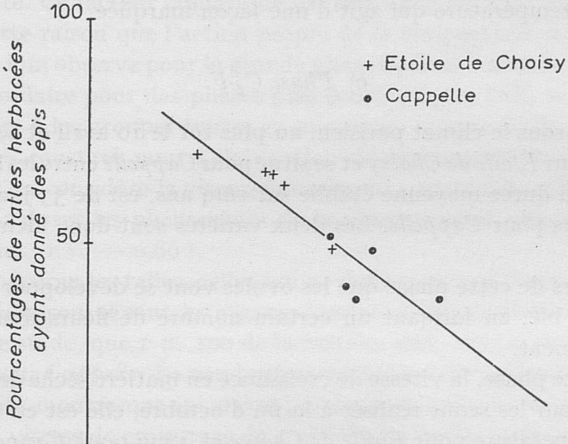


FIG. 4. — *Corrélation entre la température et le taux de talles herbacées donnant des épis*

neront des épis est en corrélation inverse ($r = -0.89$) avec la somme des températures enregistrées au cours de la phase B-C_2 (fig. 4). Les températures élevées sont donc défavorables à la montée en épi des talles herbacées. Ce fait avait déjà été souligné par H. Geslin.

On peut donc considérer B-C_2 comme une deuxième phase critique au cours de laquelle le tallage-épis se déterminera. On peut aussi penser que celui-ci ne dépend pas tellement de la matière sèche formée pendant B-C_2 mais plutôt de la température subie par les plantes entre le stade B et le stade C_2, températures dont les valeurs détermineront le pourcentage de talles devant évoluer normalement vers l'épi. Le nombre d'épis formés par plante apparaît donc dépendre en partie du nombre de talles existant au stade B.

On n'observe pas entre les deux variétés de différence significative entre les vitesses de croissance d'une talle (1,09 mg pour *Étoile de Choisy*, 1,13 mg pour *Cappelle*). Par contre, la matière sèche totale fournie au cours de cette phase est plus importante pour *Cappelle* que pour *Étoile de Choisy*. Cela tient à ce que la durée, exprimée en somme de températures, de B-C_2 est de 282° pour *Étoile de Choisy* et 326° pour *Cappelle* et que le nombre de talles herbacées est plus élevé au départ (*Cappelle* 9,6 talles *Étoile de Choisy* 5,4 talles). L'accroissement en matière sèche de *Cappelle*, pour la phase considérée, est de 3 450 mg par plante alors que pour *Étoile de Choisy* il n'est que 1 682 mg, soit deux fois moins élevé.

L'essentiel des phénomènes qui se constatent au cours de la phase B-C_2 peut être résumé de la manière suivante :

1) La croissance en matière sèche est accélérée et très élevée, tant pour la tige principale que pour les talles ; la température paraît être le facteur principal d'action.

2) La détermination du pourcentage de talles herbacées qui donneront ultérieurement des épis paraît se décider pendant cette phase. L'importance du tallage-épis dépendra donc du nombre de talles herbacées produit au stade B et des conditions climatiques qui interviendront au cours du déroulement de la phase B-C_2. On a pu voir que c'est la température qui agit d'une façon marquée.

c) *Phase C_2-F*

Elle débute, sous le climat parisien, au plus tôt le 10 avril et se termine au plus tard le 30 mai, pour *Étoile de Choisy* et se situe pour *Cappelle* entre les limites extrêmes : 3 mai, 17 juin. La durée moyenne établie sur cinq ans, est de 33 jours pour *Étoile de Choisy* et 32 jours pour *Cappelle*. Les deux variétés sont donc identiques à ce point de vue.

C'est au cours de cette phase que les ovules vont se développer et que va s'organiser l'épillet de blé, en formant un certain nombre de fleurs dont une partie est vouée à l'avortement.

Pendant cette phase, la vitesse de croissance en matière sèche de la tige principale est maximum. Pour les semis réalisés à la fin d'octobre, elle est en moyenne de 5 mg par degré de température pour *Étoile de Choisy* et 4 mg pour *Cappelle*, soit une supriorité de 25 p. 100 très significative et constante quelle que soit l'année, en faveur de la première variété.

L'accroissement de matière sèche de la tige principale entre le début et la fin de la phase ne paraît pas être directement influencé par la température ; il ne nous a pas

été possible d'établir une corrélation quelconque. Par contre, l'utilisation des valeurs de l'évapotranspiration potentielle (E.T.P.) permet de mettre en relief une corrélation négative entre ces mesures et la quantité de matière sèche formée au cours de la phase. Cette corrélation est très significative (coefficient $r = -0{,}83$). L'évapotranspiration est pour la phase C_2-F un facteur essentiel conditionnant l'élaboration de substance sèche de la tige principale (fig. 5).

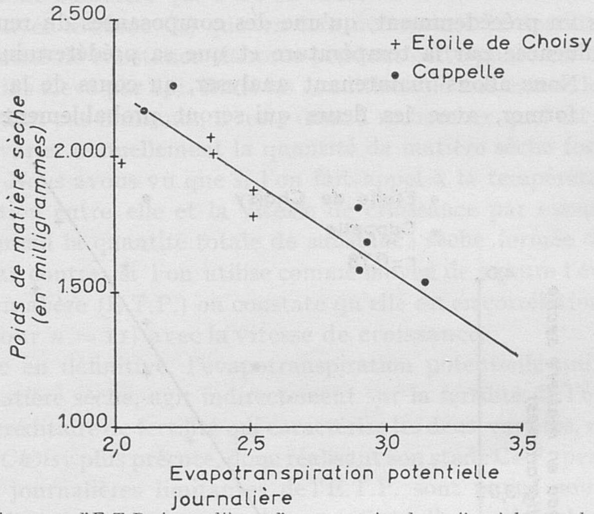


FIG. 5. — *Corrélation entre l'E.T.P. journalière et l'augmentation de matière sèche entre le stade C_2 et la floraison*

C'est en effet à partir d'avril que des valeurs journalières de l'E.T.P. supérieures à 3 mm se rencontrent fréquemment ; or, on admet que ces valeurs peuvent devenir défavorables à la photosynthèse, ce qui a pour effet de freiner le métabolisme glucidique de la plante. Ce facteur climatique devient alors limitant et c'est vraisemblablement pour cette raison que l'action propre de la température n'apparaît pas avec évidence. Ce que l'on observe pour la grande phase C_2-F, se retrouve lorsqu'on procède à une analyse similaire pour des phases plus courtes C_2-D, D-E, et E-F, ce qui nous a amené d'ailleurs à les grouper toutes en une phase unique C_2-F.

Ce qui a été constaté pour l'élaboration de la quantité de matière sèche est valable lorsque l'on considère la vitesse de croissance, exprimée en fonction de la température, pour analyser les phénomènes de la phase étudiée ; on obient une corrélation aussi bonne ($r = -0{,}80$).

En ce qui concerne les talles, celles qui ne donneront pas d'épi, commencent à se dessécher et, à l'épiaison, ce sont des organes inertes en voie de disparition. Ils ne représentent plus, à ce stade, que 1 p. 100 de la matière sèche totale pour *Étoile de Choisy* et 5 à 6 p. 100 pour *Cappelle*. Le comportement de l'ensemble des talles d'une plante restant en activité montre une inversion par rapport aux phases précédentes. Alors que jusqu'à C_2 la vitesse de croissance de *Cappelle* était plus forte que celle d'*Étoile de Choisy*, à partir de ce moment cette dernière variété présente une vitesse significativement plus élevée que celle de *Cappelle* (écart en moyenne de 47 p. 100). Si l'on s'adresse à une seule talle on observe le même phénomène et l'on a l'impression que celle-ci se comporte, à partir de ce moment, comme une tige principale. On peut donc

conclure que la vitesse plus grande observée pour la tige principale intéresse toute la plante. Étant donné le décalage qui se produit dans la réalisation des stades pour les differentes tiges d'une même plante, nous n'avons pu situer, pour chacune d'elles, la date précise où ceux-ci ont été constatés ce qui ne nous a pas permis de faire une analyse de l'action de l'E.T.P., sur le comportement des talles. L'analogie trouvée précédemment nous autorise à penser que leur réaction est identique à celle de la tige principale.

Nous avons vu précédemment, qu'une des composantes du rendement, le tallage-épi était influencée par la température et que sa prédétermination se situait à la phase A-B. Nous allons maintenant analyser, au cours de la phase C_2-F qui voit l'épillet se former, avec les fleurs qui seront probablement fonctionnelles,

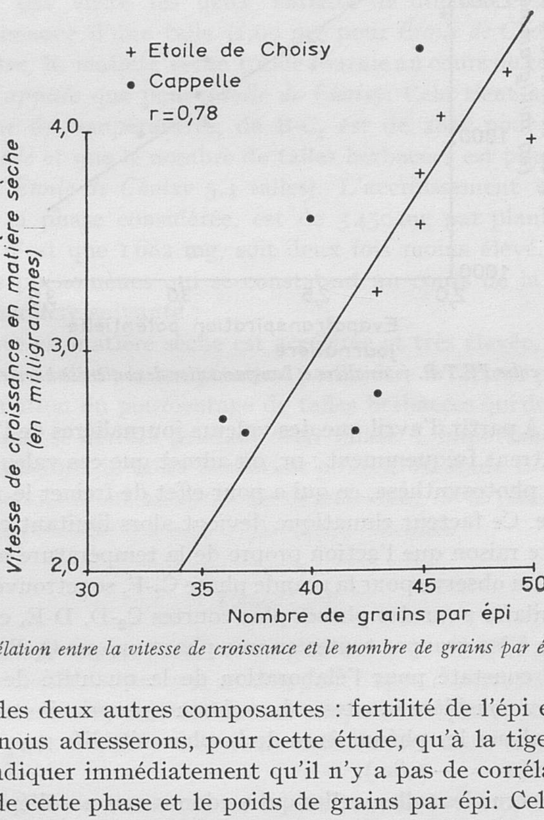


FIG. 6. — *Corrélation entre la vitesse de croissance et le nombre de grains par épi (phase C_2-F)*

le comportement des deux autres composantes : fertilité de l'épi et poids de grains par épi. Nous ne nous adresserons, pour cette étude, qu'à la tige principale. Tout d'abord on peut indiquer immédiatement qu'il n'y a pas de corrélation entre ce qui se passe au cours de cette phase et le poids de grains par épi. Cela se conçoit aisément quand on connaît les divers facteurs qui, après la floraison ou après le point *Mo,* agissent sur l'évolution de la matière sèche du grain, pouvant provoquer un échaudage plus ou moins marqué de celui-ci (coup de chaleur, réduction de l'activité photosynthétique des feuilles par maladies, etc) Il ne faut pas oublier non plus que la phase critique pour le grain se situe lors du palier hydrique défini par H. GESLIN et P. JONARD et dont le début se produit quelques jours après le point *Mo*. Il reste donc à rechercher seulement si la fertilité de l'épi est influencée par certains facteurs climatiques rencontrés au cours de la phase C_2-F.

Si nous considérons tout d'abord la matière sèche élaborée pendant cette phase,

nous pouvons mettre en évidence une corrélation positive entre ce paramètre et le nombre de grains que renfermera l'épi. On obtient un coefficient $r = 0{,}64$ pour $n = 12$ significatif avec une probabilité comprise entre 0,05 et 0,02. Si nous prenons comme autre paramètre, la vitesse de croissance, exprimée en fonction de la température, on obtient un coefficient de corrélation encore meilleur $r = 0{,}74$ avec une probabilité comprise entre 0,01 et 0,001. (fig. 6).

On peut donc admettre que c'est au cours de la formation des ovaires et ovules (qui débutent avec le stade C_2) que va être déterminée la fertilité future de l'épi. Une forte quantité de substance élaborée pendant cette phase est une garantie d'un nombre de grains élevé par épi. Dans les conditions de nos essais, les facteurs « eau » et « azote » n'étant pas limitants, il reste donc à rechercher quel est le facteur climatique qui fait varier annuellement la quantité de matière sèche formée au cours de la phase C_2-F. Nous avons vu que si l'on fait appel à la température, on ne trouve pas de corrélation entre elle et la vitesse de croissance par exemple ; il en est de même si l'on prend la quantité totale de substance sèche formée depuis C_2 jusqu'à la floraison. Par contre, si l'on utilise comme moyen de mesure l'évapotranspiration potentielle journalière (E.T.P.) on constate qu'elle est en corrélation négative étroite ($r = -0{,}80$ pour $n = 11$) avec la vitesse de croissance.

C'est donc en définitive, l'évapotranspiration potentielle qui, règlant l'élaboration de la matière sèche, agit indirectement sur la fertilité de l'épi. En dehors de la différence héréditaire de fertilité qui caractérise les deux variétés, on peut se demander si *Étoile de Choisy* plus précoce, donc réalisant son stade C_2-F. pendant une période où les valeurs journalières limitantes de l'E.T.P. sont moins nombreuses qu'après, n'est pas plus favorisé, certaines années, que *Cappelle,* variété plus tardive.

d) *Phase F-Mo*

C'est pendant cette phase, dont la durée est pratiquement analogue pour les deux variétés (17 jours pour *Étoile de Choisy,* 16 jours pour *Cappelle*) que le grain s'organise et acquiert sa longueur définitive ; les premiers grains d'amidon s'observent dans l'albumen et les grains d'aleurone commencent à se former dans l'assise protéique vers la fin de cette phase.

La quantité de matière sèche totale formée par la tige principale (grain compris) est différente pour les deux variété. Sur cinq années la moyenne de *Cappelle* est inférieure de 32 p. 100 à celle d'*Étoile de Choisy*. Cette infériorité, qui est constante, est significative quatre années sur cinq. On peut donc admettre que l'activité photo-synthétique d'*Étoile de Choisy* est plus élevée que celle de *Cappelle* au cours de cette phase.

Une partie des produits synthétisés est utilisée à la formation du grain. Pour un épi, *Étoile de Choisy* en consomme 469 milligrammes et *Cappelle* 518, cet écart n'étant pas significatif. Cependant, l'analyse des résultats annuels fait apparaître une supériorité significative de *Cappelle* sur *Étoile de Choisy,* deux ans sur cinq. Sur la totalité de la matière sèche formée, 60 p. 100 sont utilisés pour la formation du grain chez *Cappelle* et 49 p. 100 chez *Étoile de Choisy.*

La relation trouvée à la phase précédente entre la matière sèche élaborée et le nombre de grains formés se constate aussi de la même façon à la phase F-*Mo* mais avec moins de netteté. Celle-ci apparaît donc continuer, sans la modifier, la phase qui la précédait. Il faut signaler que le nombre de grains comptés au stade *Mo* ne cor-

respond pas forcément à celui qui est noté à la maturité. Il peut arriver que des grains avortent au bout d'un certain temps après la floraison, avortement dû peut-être à des conditions climatiques particulières ou à une déficience de nutrition consécutive à une forte compétition avec les grains les plus avancés, Pour *Étoile de Choisy* la perte est faible = 2,2 p. 100, pour *Cappelle* elle est plus forte : 4,9 p. 100.

L'avortement des épillets de la base de l'épi, qui paraît très lié au type de développement, est perceptible de bonne heure et peut déjà être noté au cours de la phase C_2-F, mais plus certainement au début de la phase F-*Mo* ; il est plus important pour *Cappelle* (3.4 en moyenne) que pour *Étoile de Choisy* (0.4). Par contre, le nombre d'épillets totaux comptés sur un épi est de 23 pour la première variété et 21 pour la deuxième. En définitive, le nombre d'épillets fertiles est plus élevé pour *Étoile de Choisy* (20,6) que pour *Cappelle* (19,6).

La différence qui existait entre les vitesses de croissance des deux variétés à la phase précédente, disparaît au cours de F-*Mo*.

e) *Phase Mo-maturité*

Elle clôt le cycle végétatif de la plante. Sa durée est sensiblement identique pour les deux variétés, 26 jours pour *Étoile de Choisy*, 25 jours pour *Cappelle*, avec une amplitude de fluctuation assez réduite (24 à 28 jours). Les sommes de températures relevées au cours de cette phase sont peu différentes, la moyenne s'établissant à 485° ± 14° pour la première variété citée et 494° ± 20° pour la seconde, l'écart n'étant pas significatif ; on peut donc admettre que pour cette phase finale, les deux blés ne se distinguent pas à cet égard.

L'organe végétatif amorce sa dessication et il ne reste plus, au début de la phase, qu'une ou deux feuilles encore vertes ainsi que le dernier entre-nœud et l'épi. Souvent l'avant-dernière feuille présente des symptômes de sénilité. La teinte verte va persister, pour les organes cités, 7 à 10 jours après le point *Mo*, suivant les années, la richesse du sol ou la fumure azotée tardive. Les dernières parties de l'organe végétatif gardant leur teinte verte le plus longtemps sont l'épi et le dernier entre-nœud. Cette teinte va progressivement disparaître et, dans les conditions normales de végétation, faire place à une couleur jaunâtre aux approches de la maturité. L'organe végétatif pourra donc au début de la phase posséder encore une activité photosynthétique réduite, mais suffisante pour assurer une certaine fourniture de produits nutritifs aux grains. Cependant, ceux-ci sont incapables de couvrir tous les besoins des grains d'un épi. On assiste alors à un « prélèvement » sur les réserves accumulées par l'organe végétatif qui va « perdre » de la substance à leur profit.

La phase *Mo*-maturité correspond à une trés forte accumulation d'amidon dans les cellules de l'albumen ; son début correspond, à quelques jours près, avec celui du palier hydrique déjà cité qui marque la période active de formation des réserves ; les besoins sont très grands à une période où l'assimilation chlorophyllienne va en s'amenuisant. Les sucres solubles vont « migrer » vers le grain où ils seront transformés en amidon par les plastes. C'est donc, dans la formation du grain, un moment très important et très critique.

Nous avons vu que dans les phases précédentes, le tallage-épis et la fertilité étaient prédéterminés. Dans celle-ci c'est le poids du grain qui se décide et qui vien-

dra compléter, en bien ou en mal, les résultats acquis précédemment. Cette phase finale revêt donc une importance particulière en ce qui concerne le rendement.

Pour l'ensemble des essais, la perte de substance sèche de l'organe végétatif est plus importante pour *Étoile de Choisy* que pour *Cappelle* (1 043 mg contre 880 mg). Cette différence est significative. Par ailleurs, les valeurs annuelles obtenues pour la première variété fluctuent peu puisque l'indice de variation se situe à 7,7 p. 100. Par contre, pour la deuxième, l'amplitude de variation est plus grande : 16 p. 100. Cela semblerait indiquer que les réactions de *Cappelle* au climat Versaillais sont plus brutales que celles d'*Étoile de Choisy*. La vitesse de migration, exprimée en fonction de la température, est plus grande pour *Étoile de Choisy*, 2,25 mg que pour *Cappelle* 1,86 mg, écart significatif au seuil de probabilité de 0,02. Il est possible que dans un autre milieu où les divergences de conditions climatiques sont moins accentuées entre les deux variétés, *Cappelle* soit moins défavorisé qu'à Versailles. Ce point serait à préciser.

La nutrition du grain n'est pas assurée uniquement par la migration des produits mis en réserve par l'organe végétatif. Si cela était, le chiffre final donnant la matière sèche du grain devrait être très voisin de celui caractérisant la perte de substance de l'organe végétatif. Or, dans la majorité des cas, on constate que le poids sec de grain par épi est supérieur à la valeur des migrations. Il y a donc une autre source d'alimentation qui ne peut être que l'activité photosynthétique des organes encore fonctionnels.

La différence obtenue entre l'augmentation du poids sec des grains d'un épi du stade *Mo* à la maturité et la perte de matière sèche de l'organe végétatif pendant cette même phase peut être imputé à l'action de l'assimilation chlorophyllienne. Elle exprime, en matière sèche, ce que l'on peut appeler l'activité « *photosynthétique nette* » de la plante pendant cette phase. Elle ne représente pas la totalité de cette activité car elle ne tient pas compte des pertes dues à l'énergie dépensée pour assurer la respiration, la transpiration et la transformation des sucres en amidon.

On observe, à ce niveau et dans les conditions de l'expérience, une différence, notable entre les deux variétés ; *Étoile de Choisy* a une photosynthèse nette plus élevée que *Cappelle*. Sa valeur, exprimée en milligrammes de matière sèche élaborée, est de 314, alors que pour *Cappelle* elle est de 112 (soit 2,8 fois plus faible).

On note, d'ailleurs, de très fortes fluctuations des valeurs annuelles comme le montrent les chiffres suivants :

Photosynthèse nette (en milligrammes de matière sèche élaborée)

	Pour les grains d'un épi		Vitesse en fonction de la température	
	Étoile de Choisy	*Cappelle*	*Étoile de Choisy*	*Cappelle*
1957	160	40	0,32	0,08
1958	250	90	0,55	0,20
1959	490	340	0,96	0,66
1960	760	270	1,59	0,55
1961	290	50	0,69	0,11

Alors que la part cédée par l'organe végétatif fluctue relativement peu, (indices de fluctuation compris entre 8 et 9 p. 100) celle revenant à la photosynthèse nette présente de très grands écarts (indices de fluctuation compris entre 50 p. 100 et 70 p. 100). Ceci est dû en partie aux conditions climatiques annuelles qui sont plus ou moins favorables à une assimilation chlorophyllienne prolongée.

La faiblesse de *Cappelle* peut s'expliquer en partie par les ponctuations plus ou moins décolorées qui se présentent sur les feuilles de cette variété et qui sont vraisemblablement dues à une déficience en chloroplastes de ces zones. De ce fait, la photosynthèse nette de *Cappelle* aurait donc des valeurs inférieures à celles d'*Étoile de Choisy* dont les feuilles sont intactes.

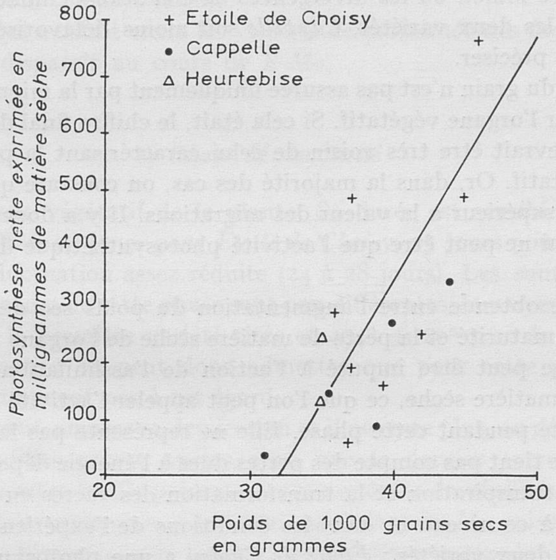


FIG. 7. — *Corrélation entre la photosynthèse et le poids de 1 000 grains*

Si l'on exprime maintenant la photosynthèse nette en terme de vitesse, en fonction de la température, on aboutit à la même constatation que précédemment : la supériorité d'*Étoile de Choisy* est indiscutable : en moyenne 0,82 mg contre 0,32 pour *Cappelle* soit 2,5 fois plus.

Ces différentes considérations nous permettent d'expliquer la raison pour laquelle, dans les conditions de l'expérience, *Étoile de Choisy* présente un poids de grain par épi plus fort que celui de *Cappelle*, indépendamment de la supériorité en nombre.

En effet, le poids de mille grains de la première variété est en moyenne, à Versailles pour les cinq années considérées, plus élevé que celui de la seconde. Ceci est dû au fait que *Cappelle* présente souvent un échaudage plus ou moins accentué des grains en dehors de toutes considérations thermiques. Par ailleurs, dans d'autres régions de France, son poids de mille grains est toujours plus élevé que celui d'*Étoile de Choisy*. Pour expliquer ce comportement anormal à Versailles on peut émettre l'hypothèse suivante : le grain de *Cappelle* est plus long (6,5 mm) que celui d'*Étoile*

de Choisy (6,2 mm) pour une largeur peu différente ; il ne peut être, d'après ce que nous avons vu précédemment, nourri suffisamment par sa photosynthèse nette qui paraît être défavorisée par le milieu « Versailles » ; la matière sèche cédée par l'organe végétatif est loin d'être suffisante pour assurer à elle seule l'alimentation du grain ; cette carence des deux sources d'alimentation se traduit par un mauvais remplissage de celui-ci, déterminant un aspect plus ou moins échaudé.

Il découle de ces constatations que le poids de mille grains paraît être en partie sous la dépendance de la photosynthèse nette. C'est ce qu'exprime en effet le coefficient de corrélation qui a été trouvé entre ces deux paramètres ($r = 0,70$ pour $n = 15$) (fig. 7) et qui est très significatif (seuil de probabilité : 0,01).

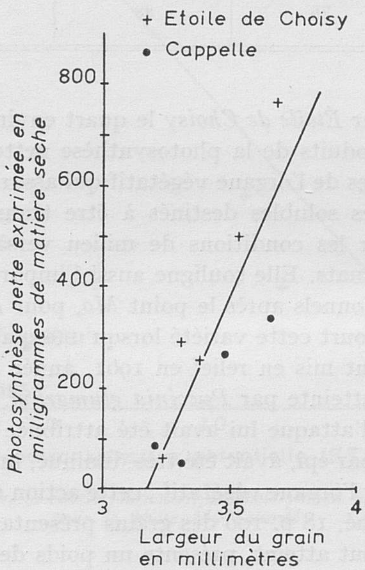


FIG. 8. — *Corrélation entre largeur et photosynthèse nette*

Si l'on veut analyser les faits d'une façon plus précise, il faut éliminer un facteur important intervenant dans le poids du grain : la densité réelle ; celle-ci dépend surtout des conditions climatiques se produisant en fin de maturation et aussi de la fumure azotée tardive. Pour prendre une donnée qui reflète avec précision l'action photosynthétique, nous avons fait appel à la largeur du grain. La corrélation obtenue est encore plus forte ($r = 0,83$ pour $n = 9$) très significative (seuil de probabilité 0,01) (fig. 8).

Ces divers résultats montrent donc que les valeurs plus ou moins élevées du poids de grains par épi ou du poids de mille grains sont en grande partie justiciables de l'activité photosynthétique nette pendant la phase *Mo*-Maturité dont les produits élaborés viennent complémenter ceux cédés par l'organe végétatif. Si l'on établit le

bilan des deux sources d'alimentation du grain, on constate que les deux blés étudiés présentent une forte différence comme le montrent les chiffres suivants :

Alimentation des grains d'un épi

	Matière sèche cédée par l'organe végétatif (en milligrammes)		Matière sèche apportée par la photosynthèse nette (en milligrammes) durant la phase *Mo*-Maturité	
	Étoile de Choisy	*Cappelle*	*Étoile de Choisy*	*Cappelle*
Chiffres absolus..........	1 043	880	314	112
Valeurs relatives %.......	76	88	24	12

On constate que pour *Étoile de Choisy* le quart environ du poids de grains par épi a pour origine les produits de la photosynthèse nette, alors que pour *Cappelle* ce sont surtout les réserves de l'organe végétatif qui assurent, en plus grande partie, l'alimentation en glucides solubles destinés à être transformés en amidon. Cette observation valable pour les conditions de milieu versaillais demanderait à être vérifiée pour d'autres climats. Elle souligne aussi l'importance que revêt l'intégrité des organes encore fonctionnels après le point *Mo*, pour *Étoile de Choisy* sous notre climat et le danger que court cette variété lorsqu'une maladie attaque ces organes ; ceci a été particulièrement mis en relief en 1961, année au cours de laquelle cette variété a été fortement atteinte par *Puccinia glumarum*.

La note maximum d'attaque lui avait été attribuée ; le poids de mille grains, ainsi que celui de grains par épi, avait été très diminué, malgré une rétrocession normale de matière sèche par l'organe végétatif ; cette action de la maladie s'est traduite par un échaudage accentué, 18 p. 100 des grains présentant un aspect échaudé. Par contre, *Cappelle*, également atteint, présente un poids de grains par épi correspondant à celui d'une année normale, avec cependant une légère diminution du poids de mille grains par rapport à celui de l'année 1959 qui était la meilleure à ce point de vue.

Les facteurs climatiques intervenant sur les phénomènes de migration sont difficiles à mettre en évidence si l'on considère les chiffres globalement. En ce qui concerne l'évapotranspiration potentielle, si l'on prend les valeurs de la photosynthèse nette dans leur ensemble, on ne peut déceler aucune corrélation entre ces deux données, l'année 1958 pour les deux variétés et 1960 pour *Cappelle* étant particulièrement aberrantes.

Cependant une analyse serrée des conditions climatiques rencontrées en 1958 et 1960 (pour *Cappelle*) montre qu'il y eut un déficit d'insolation important au cours de la réalisation de la phase *Mo*-Maturité, déficit consécutif à un nombre élevé de journées pluvieuses. On relève pour cette phase, qui a duré 28 jours, 18 jours de pluie pour *Étoile de Choisy* et 14 pour *Cappelle*. Pour celle-ci en 1960, on constate le même chiffre qu'en 1958. Pour les autres années, que nous considérons comme normales, on enregistre seulement 6 à 9 jours de pluie. Cette réduction d'insolation

détermine les valeurs faibles de l'E. T. P., variant de 2 à 2,9 millimètres qui normalement auraient dû être efficaces ; mais, par suite du ciel couvert, la photosynthèse nette a été réduite, d'où diminution de l'apport de matières glucidiques au grain par cette source.

Si l'on élimine les années 1958 et 1960 (pour *Cappelle* seulement), on obtient alors une corrélation négative très significative entre la vitesse journalière de la photosynthèse nette et l'E. T. P. (= — 0,96) (fig. 9). On obtient une corrélation aussi bonne si l'on prend le poids de matière sèche formée au lieu de considérer la vitesse.

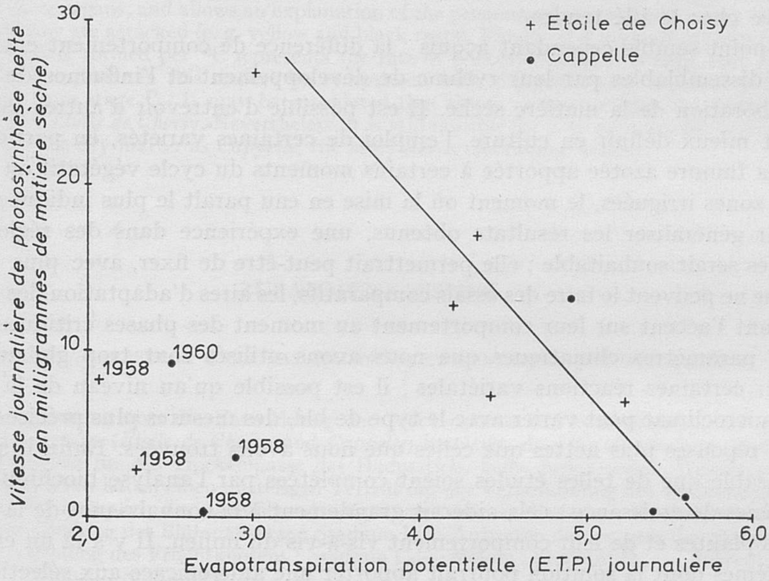


FIG. 9. — *Corrélation entre la vitesse journalière de photosynthèse nette et l'E.T.P. journalière pour la phase M_0-Maturité*

On peut donc admettre que lorsque la luminosité est suffisante, la photosynthèse nette est sous la dépendance étroite de l'E. T. P. D'après nos essais, les effets favorables sont obtenus avec des valeurs supérieures à celles observées pour les phases précédentes : si elles dépassent 3 millimètres elles n'ont pas d'effets dépressifs marqués et il faut arriver aux valeurs de 4 ou 5 pour constater une action modératrice.

IV. — CONCLUSIONS

Au terme de cette publication, nous sommes bien obligés de constater qu'elle pose plus de problèmes qu'elle n'en résoud ; beaucoup de points sont encore obscurs et demandent à être précisés, notamment ceux qui se rapportent à la vitesse d'émission des talles herbacées, à la régression de certaines d'entre elles, à leur rôle dans la croissance de celles qui donneront des épis, à la formation des fleurs qui seront fer-

tiles entre le stade C_2 et la floraison, à l'influence de la nutrition azotée sur ce phénomène, à l'importance relative de la dernière feuille, de la tige et de l'épi dans la photosynthèse nette pendant la dernière phase *Mo*-Maturité, à la matière sèche utilisée pour assurer la respiration, la transpiration et la formation de l'amidon etc. Il serait intéressant, par ailleurs, d'amener une coïncidence des divers stades, par un décalage de semis afin de voir, pour des conditions climatiques identiques, s'il existe des différences génétiques utilisables en sélection.

Nous espérons que les résultats relatés, qui constituent seulement un travail d'approche, permettront dans l'avenir une étude plus serrée des phénomènes de croissance chez le Blé tendre.

Un point semble cependant acquis : la différence de comportement entre deux variétés dissemblables par leur rythme de développement et l'influence de celui-ci sur l'élaboration de la matière sèche. Il est possible d'entrevoir d'autres essais qui pourront mieux définir en culture, l'emploi de certaines variétés, en particulier le rôle de la fumure azotée apportée à certains moments du cycle végétatif ou encore, pour les zones irriguées, le moment où la mise en eau paraît le plus indiquée.

Pour généraliser les résultats obtenus, une expérience dans des régions très différentes serait souhaitable ; elle permettrait peut-être de fixer, avec plus de précision que ne peuvent le faire des essais comparatifs, les aires d'adaptation des variétés en mettant l'accent sur leur comportement au moment des phases critiques.

Les paramètres climatiques que nous avons utilisés sont trop globaux pour expliquer certaines réactions variétales ; il est possible qu'au niveau de la plante, dont le microclimat peut varier avec le type de blé, des mesures plus précises apportent des réponses plus nettes que celles que nous avons trouvées. Enfin il apparaît indispensable que de telles études soient complétées par l'analyse biochimique des phénomènes de croissance ; cela aiderait grandement à la connaissance de la physiologie des plantes et de leur comportement vis-à-vis du milieu. Il y a là un ensemble de problèmes dont la solution pourrait apporter une aide efficace aux sélectionneurs et aux utilisateurs.

Reçu pour publication en janvier 1964.

SUMMARY

COMPARATIVE STUDY OF THE GROWTH OF TWO VARIETIES OF COMMON WHEAT

A study of the evolution of the dry matter of two wheats having different development characteristics (*Étoile de Choisy* and *Capelle*) shows that there is no appreciable divergence in the general aspects of the curves relating to the growth of dry matter in the principal stalk. The discontinuous appearance of these curves is due to the slackening of the rate of growth occuring at certain characteristic stages in the development of the head (initial formation of the flower : stage B, appearance of the stamen : stage C, formation of the ovary : stage C_2, meiosis : stage D, earing : stage E, flowering : stage F).

The phases, defined by these stages, show that the two varieties are behaviorally different. From the beginning of the reproductive phase (stage A) until stage B, the lesser herbaceous tillering of *Étoile de Choisy* is observed to spring from a lower rate of emission of shoots than is *Cappelle ;* the rates of growth of dry matter in a shoot are similar in the two varieties, In constrat, the rate of growth of the principal stalk of *Étoile de Choisy* is higher than that of *Cappelle*. The number of shoots which will ear can be determined in the course of phases B-C_2 ; the climatic factor which app-

ears to influence the ratio of herbaceous shoots which will yield ears is temperature. Inordinately high temperatures have an unfavorable effect.

The fertility of the ear is established during phases C_2-F. The most important climatic factor which determines the number of grains per ear in the course of this phase of the potential evaporation-transpiration.

The period between flowering and ripening reveals a difference in the behaviour of the two varieties. The activity of the still green organs at the end of this phase is of great importance insofar as the increase in the dry matter of the grain is concerned. In *Étoile de Choisy*, 25 p. 100 of the reserves of the grain are derived from the chlorophyll assimilation by the still functioning organs, the remaining 75 p. 100 being supplied by the reserves taken from the vegetative organs ; in *Cappelle*, the greater portion (88 p. 100) of the reserves of the grain are taken from the vegetative organ, whilst only 12 p. 100 is yielded by photosynthesis. These observations underline the importance of the integrity of these organs, and allows an explanation of the pronounced effect produced by the diseases by which they are attacked (e. g. yellow and black rusts). Finally, if it is assumed that the quantity of dry matter formed per °C represents the rate of photosynthesis, it is seen that *Étoile de Choisy* is much superior in this respect by comparison with *Cappelle ;* this superiority becomes more marked from stage C_2. It may be considered that this is connected with the faster rate of development of *Étoile de Choisy*. Nevertheless, it is still possible for it to produce, for a given temperature, as much dry matter as *Cappelle*, the more slowly developing variety.

ZUSAMMENFASSUNG

VERGLEICHSVERSUCHE ÜBER DAS WACHSTUM ZWEIER ARTEN VON WEICHWEIZEN

Die Untersuchung über die Entwicklung der Trockenmasse von zwei Weizenarten verschiedenen Wachstumtyps (*Étoile de Choisy* und *Cappelle*) bestätigt, dass im allgemeinen Verlauf der Wachstums-Kurven für die Trockenmasse des Hauptstiels, keine bedeutenden Weichungen auftreten. Diese Kurven haben einen unstetigen Verlauf der der Verlansamung des Wachstums zuzuschreiben ist, die anlässlich der nachfolgend aufgefürten charakteristischen Wachstumsstufen der Aehre auftritt (Bildung der Blütenansätze : Stadium B — Auftreten der Ansätze der Staubgefässe : Stadium C — Bildung des Fruchtknotens : Stadium C_2 — Meïose : Stadium D ; — Aehrenbildung : Stadium E — Blühen : Stadium F.

Die Phasen, deren Grenzen durch diese Stufen festgesetzt sind, zeigen dass sich die zwei Weizensorten verschieden verhalten. Von der durch den Anfang der Fortpflanzungsperiode bestimmten Stufe (Stadium A) ab bis zur Stufe B, wird beobachtet, dass die schwächere Bestockung von *Étoile de Choisy* auf eine mindere Geschwindigkeit der Halmentwicklung als bei *Cappelle* zuzuschreiben ist. Die Wachtumsgeschwindigkeiten für die Trockenmasse eines Halmes sind die gleichen für die zwei Arten. Dagegen, wächst der Haupthalm von *Étoile de Choisy* rascher als der Haupthalm von *Cappelle*.

Im Laufe der Phase B-C_2, wird die Anzahl der ährenbringenden Halme bestimmt. Der Klimatische Faktor, der einen Einfluss auf den Prozentsatz an ährenbildenden Halme des auszuüben scheint, ist die Temperatur. Wenn sie zu hoch ist, ist ihre Einwirkung schädlich.

Die Fruchtbarkeit der Aehre wird im Laufe der Phase C_2-F bestimmt. Der wichtigste klimatische Faktor, der die Körnerzahl je Aehre während dieser Phase beeinflusst, ist die potentielle Evapotranspiration.

Während des Zeitabschnittes zwischen der Blüte und der Reife, wird ein veschiedenes Verhalten der zwei Weizenarten festgestellt. Die Wirkungskraft der am Ende dieser Phase noch grün verbleibenden Organe hat eine grosse Bedeutung für die Zunahme der Trockenmasse des Kornes. Im Falle *Étoile de Choisy* enststehen 25 p. 100 des Korngehaltes aus der Photosynthese durch die aktiv verbleibenden Organe, während die übrigen 75 p. 100 durch Entnahme seitens der Reserven des vegetativen Organes sichergestellt werden. Im Falle *Cappelle*, dagegen, stammen der Korngehalt grösstenteils von dem vegetative Organ (88 p. 100) her, während bloss 12 p. 100 der Photosynthese zuzuschreiben sind. Diese Beobachtungen unterstreichen die grosse Bedeutung der Unversehrtheit dieser Organe und erklären die einschneidende Wirkung ihrer Erkrankungen (z. B. gelb und schwarz Rost).

Nimmt man schliesslich an, dass die, durch einen Temperaturgrad hergestellte Trockenmasse, der Geschwindigeit der Photosynthese entspricht, so stellt man fest dass diese viel höher ist im Falle *Étoile de Choisy* als für *Cappelle*. Diese Oberlegenheit zeigt sich besonders vom Stadium C_2

ab. Es darf vermutet werden, dass dieser Umstand mit dem rascheren Entwicklungstyp der *Étoile de Choisy* in Verbindung steht. Dessen ungeachtet, ist diese Sorte im Stande für eine gegebene Temperaturmenge eben soviel Trockenmasse zu erzeugen als *Cappelle*, die eine hat langsamere Entwicklung.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASANA R. D., NANI V. S., 1958. Studies in morphological analysis of Yield. II Further observations on varietal differences in photosynthesis in the leaf, stem and ear of wheat. *Physiol. Plant.*, **8**, 8-19.

BAIR R. A., 1942. Growth rates on Maize under field conditions. *Plant Physiol.*, **17**, 619-631.

BOUCHET R. J., 1961. Signification et portée agronomique de l'évapotranspiration potentielle. *Ann. agron.*, **12**, 51-62.

BRIGGS G. E., et *al.*, 1920. A quantitative analysis of plant growth. *Ann. Appl. Biol.*, **7**, 103-123, 202-123.

GESLIN H., 1944. Étude des lois de croissance d'une plante en fonction des facteurs du climat. Contribution à l'étude du climat du Blé. *Thèse de doctorat ès Sciences naturelles.* Imprimerie Nationale, Paris, 116 p.

GESLIN H., JONARD P., 1948. Maturation du Blé et climat. *Ann. Nutr. Alim.*, **2**, 361-371.

GUILBOT A., DAPRON R., 1963. Évolution de l'activité alpha amylasique du grain de blé au cours de sa maturation. Influence des radiations lumineuses. *Ann. Physiol. végét.*, **5**, 5-17.

HAMMOND L. C., Don KIRKHAM, 1949. Growth curves of Soybeans and Corn. *Agron. J.*, **41**, 23-28.

JOHNSON V. A., 195. Environmental factors affecting plant height in winter Wheat. *Agron. J.*, **45**, 505 508.

JONARD P. et *al.*, 1952. Évolution de la tige et de l'épi chez la variété de blé *Vilmorin 27* au cours de la période de reproduction. *Ann. Amélior. Plantes*, **2**, 31-54.

MURNECK A. E., 1925. Correlation and cyclic growth in plants. *Bot. gaz.*, **79**, 329-333.

PARCEVAUX (de) S., 1961. Tests physiologiques permettant de contrôler l'alimentation en eau des plantes. *Ann. agron.*, **12**, 75-80.

POPE M. N., 1932. The growth curve in Barley. *J. Agric. Res.*, **44**, 233-340.

PRAT H., 1935. Recherches sur la structure des chaumes. *Ann. Sci. nat. Bot.*, **18**, 83-143.

SANDE-BAKHUYZEN (Van de) H. L., 1937. *Studies on wheat grown under constant conditions. A monography on growth.* Food Research Institute, Standfort University (Calif.), 400 p.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (2), 131-155.

ANALYSES PRÉLIMINAIRES DE LA COMPÉTITION CHEZ LES LUZERNES

Y. DEMARLY, P. GUY, Marie-Thérèse CHESNEAUX
Station d'Amélioration des Plantes fourragères, Lusignan (Vienne)

SOMMAIRE

Il ne faut pas chercher dans ce travail un exposé des *effets* génétiques de cette compétition. Les études des conséquences de la concurrence ont déjà été réalisées par de nombreux chercheurs et leur analyse n'entre pas dans notre dessein.

Nous avons simplement voulu ici résumer une première série d'expériences personnelles et de réflexions sur les connexions entre les facteurs génétiques, ou la structure génétique d'un ensemble d'individus, et le déroulement du phénomène de compétition. Nous nous attacherons donc à une analyse, dans le présent, des interactions entre les plantes d'une même espèce, juxtaposées dans un même peuplement.

INTRODUCTION

COMPÉTITION INTERSPÉCIFIQUE ET INTRASPÉCIFIQUE

Les plantes et les animaux ont dans la plupart des cas un pouvoir de reproduction qui devrait permettre un accroissement exponentiel de la dimension des populations. Or, on constate que, dans des conditions favorables, le nombre des individus croît rapidement au début puis semble se stabiliser.

Il existe donc entre les organismes des interactions dont la nature peut être : favorable, défavorable, ou indifférente à l'individu. Suivant les cas, entre 2 plantes, nous pouvons avoir les situations suivantes, avec tous les intermédiaires :

(o interaction nulle ; + favorable à l'individu ; — défavorable).

Il faut penser que la dimension de la population est sous la dépendance d'un système autorégulateur qui peut jouer de diverses manières :

TABLEAU I

	Indépendance	Commensalisme	Antibiose	Compétition	Parasitisme	Symbiose
Individu X	0	+	—	—	+	+
Individu Y	0	0	0	—	—	+

— par une réaction du pouvoir de reproduction qui s'abaisse quand la densité d'individus augmente ;

— par un accroissement de la mortalité apparaissant à la suite d'affaiblissements dus à un peuplement trop élevé ;

— par des interactions plus spéciales : compétition resemis-plantes adultes, intensification des attaques parasitaires, etc.

Ces divers éléments interviennent d'ailleurs simultanément. Les modifications biologiques qu'entraînent ces réactions constituent les moyens que nous avons de détecter et d'apprécier la compétition.

Lorsqu'il s'agit d'un peuplement comprenant un mélange d'espèces, il est très facile d'obtenir une mesure de la compétition en suivant l'évolution de la fréquence des différents constituants. Cette compétition dite interspécifique porte essentiellement sur les différences écologiques des groupes en concurrence et des travaux très nombreux ont mis en évidence des réactions différentielles pour les facteurs principaux suivants :

— importance du zéro de végétation (association vesce-blé),

— action de l'intensité lumineuse (trèfle blanc-Graminées),

— réaction à la longueur du jour (ray-grass d'Italie-trèfle),

— capacité d'absorption de divers éléments dans le sol (trèfle blanc-Graminées),

— besoins en eau et zone de prospection des radicelles (luzerne-dactyle),

— vitesses de germination différentielles (ray-grass-dactyle),

— vitesse et rythme de repousse, pérennité (luzerne-sainfoin),

— antibiose par excrétats radiculaires (lin-orobanche, Agropyrum-avoine, Agropyrum-luzerne).

Ces différentes interférences sont assez facilement mises en évidence chez les associations d'espèces et elles constituent des outils de base de la phytosociologie.

Un aspect de la compétition qui chez les végétaux passe beaucoup plus inaperçu, est l'effet de compétition à l'intérieur d'une même espèce : compétition intraspécifique. Ses conséquences agronomiques sont considérables. Les mécanismes biologiques qui entrent en jeu sont vraisemblablement très voisins de ceux qui interviennent dans la compétition interspécifique, mais on peut ici espérer une possibilité d'approche génétique du phénomène.

Après cette introduction, notre étude envisagera donc successivement les aspects suivants :

I. — Mise en évidence de l'intensité et des modalités de la compétition intraspécifique.
II. — Aspects de la compétition au stade jeune.
III. — La compétition pendant la phase végétative.
IV. — La compétition pour la reproduction.
V. — Synthèse d'ensemble : les conséquences pour l'amélioration des plantes.

I. — INTENSITÉ ET MODALITÉS DE LA COMPÉTITION INTRASPÉCIFIQUE CHEZ LES VÉGÉTAUX

a) *La loi essentielle dans la compétition*

Une identité des besoins et des activités est une condition nécessaire mais non suffisante pour qu'il y ait compétition. La concurrence n'apparaît que lorsque la somme des besoins individuels dépasse les potentialités existantes. Par contre, si le total des exigences est inférieur aux quantités disponibles, les activités des individus peuvent ne plus avoir d'interactions entre elles, elles deviennent indifférentes

A. Milne, à la fin de son étude « Définition de la compétition dans le règne animal » aboutit d'ailleurs à l'expression suivante : « La compétition est l'ensemble des efforts de deux (ou plusieurs) individus pour aboutir à la même chose particulière ou pour obtenir la quantité que chacun désire d'un ensemble de choses quand le total n'est pas suffisant pour tous. »

Certains éléments de la compétition montrent bien que plus les individus sont semblables, plus la concurrence entre eux est marquée : les besoins coïncident alors dans le temps et dans l'espace.

TABLEAU 2

	Production de Sainfoin entre deux lignes de Fétuque	Production de Sainfoin entre deux lignes de Sainfoin
Variété I	131,0	100
Variété II	138,0	100
Variété III	135,5	100

On peut très simplement constater ce phénomène dans l'expérience suivante réalisée par P. Jacquard, J. P. Bessac et L. Croisier : une ligne de Sainfoin (*Onobrychis sativa*) a été semée, d'une part entre deux lignes de Fétuque des prés (*Festuca pratensis*), d'autre part entre deux lignes de sainfoin de la même variété. Les espacements entre lignes étaient évidemment identiques. On a toujours constaté pour trois variétés disposées selon ce schéma, que dans le premier cas la quantité de matière sèche produite par la ligne de sainfoin était significativement supérieure à ce qui était produit dans le deuxième cas. Il est notable que la production de fétuque soit restée comparable à celle d'une fétuque pure.

La similitude des besoins semble donc un facteur essentiel de la compétition.

b) *La complexité du phénomène de compétition*

Nous pouvons noter tous les degrés de cette intensité dans la compétition :

Lors de l'été 1962, pendant les mois de juillet-août, les semis de luzerne ont énormément souffert de la sécheresse. La gradation suivante montrait qu'en espaçant suffisamment les plantes, la concurrence pour le facteur limitant « eau » pouvait être fortement atténuée.

TABLEAU 3

Densité de plantes au m²	Diminution de la production de matière sèche due à la compétition pour l'eau (%)
400	65
50	32
2	4

Une telle réaction est bien connue des planteurs d'oliviers et une des plus belles applications est réalisée dans les oliveraies de Sfax.

Cependant le fait que les plantes n'interagissent plus les unes sur les autres, c'est-à-dire soient indépendantes, n'est pas obligatoirement la seule solution acceptable. Dans certains cas lorsque la densité descend au-dessous d'un certain minimum la population peut devenir sensibilisée à différents facteurs : parasites, adventices, froid... (ce phénomène est implicitement admis par tous les jardiniers qui sèment « dru » puis lorsque le cap critique est passé effectuent un démarriage pour éviter la compétition).

Une densité de peuplement moyenne située entre ce niveau minimum défavorable et le niveau où la compétition commence réellement peut être un élément bénéfique. Mather a appelé cette réaction une coopération. Pour certaines plantes on peut, par exemple, trouver un optimum quand le peuplement réalise un ombrage suffisant pour limiter l'évaporation et la transpiration sans accroître des besoins dans toute société végétale, la densité étant facteur favorable pour certaines actions (soulèvement de la croûte du sol, meilleure résistance au froid) et simultanément défavorable pour d'autres (concurrence au niveau des poils absorbants).

c) *Les différentes réactions dans la compétition*

Si nous limitons essentiellement notre étude au phénomène de concurrence nous diviserons, pour les facilités de l'analyse, le déroulement du phénomène en deux phases.

1) Un stade de modifications, ou encore d'adaptations plastiques pendant lequel les différents individus d'une association se trouvent modelés par les interactions milieu × peuplement.

L'effet de « contrainte » produit par cette concurrence n'est pas un état pathologique, mais une sorte de réaction physiologique à une attaque, ou à une situation défavorable. Cette réponse semble avoir comme objectif principal pour l'individu, un maintien de la vitalité et de la stabilité du milieu interne.

Ce syndrome général d'adaptation comprend une réaction d'alarme, ou d'irritation, puis une phase de tentative d'adaptation où une évolution morphologique se manifeste. La durée de l'action perturbante et la progression de son intensité déterminent le niveau des symptômes de réaction de la plante.

2) Un stade d'élimination d'une certaine partie des individus, qui en réalité n'est que la conséquence d'un déséquilibre provoqué par les modifications morphologiques. Les individus qui ont été les plus perturbés dans leur développement ne possèdent plus les qualités d'homéostase et, sensibilisés à toutes les variations du milieu, disparaissent lorsqu'il y a la moindre limitation dans les disponibilités du milieu.

Ces réactions ne sont simples que dans le cas de peuplements artificiels (disons « agronomiques ») où toutes les plantes ont le même âge. Dans un peuplement naturel (forêt) il peut y avoir une cause supplémentaire de différence entre plantes : l'âge. On constate alors un rythme dans l'effectif des individus, une oscillation autour d'un état d'équilibre. Ce rythme peut être annuel ou lié à l'âge minimum de l'espèce. On retrouve ce même phénomène dans le cas des peuplements artificiels comprenant des plantes drageonnant ou tallant (Graminées, trèfle blanc). En fonction de l'alternativité de la Graminée, de sa phase de tallage, en fonction du système d'exploitation, on observe des variations du peuplement.

d) *Intensité de la compétition et stades critiques*

Des conditions de densité faibles, telles que chaque plante puisse devenir indépendante du comportement de ses voisines ne sont pratiquement réalisées que dans des conditions très exceptionnelles.

D'une part, les semis naturels sont souvent très généreux, d'autre part, les techniques agricoles permettent difficilement, dans le cas des espèces à petites graines, des semis parfaitement ajustés. Pour des raisons de sécurité, le cultivateur est alors amené à semer plus dru. Dans ces deux cas, la régularisation des densités se fait à la suite d'une sélection naturelle.

Prenons comme exemples différentes espèces fourragères pour lesquelles l'installation devait comprendre 750 plantes au mètre carré. Au printemps suivant, (1 an après le semis) nous retrouvons dans le cas des Graminées :

— (chez les Graminées, l'unité biologique compétitive devient rapidement non plus une plante, mais par suite d'un tallage intense une juxtaposition d'éléments d'un clone),

— pour des dactyles une moyenne de 56 plantes,

— pour des ray-grass une moyenne de 41 plantes.

Et dans le cas de Légumineuses :

— pour des luzernes une moyenne de 220 plantes,

— pour des trèfles violets semés sous couvert une moyenne de 170 plantes.

Les chiffres relevés ultérieurement montrent que cette évolution continue : (chez les luzernes 2 ans après le semis le nombre moyen de plantes est de 126).

Si nous suivons cette évolution de manière un peu plus précise dans le temps nous constaterons que la diminution constante marquée par des crises plus graves semble

TABLEAU 4

Espèces (moyenne de 3 variétés)	Densité potentielle germant au m²	Densité après la levée	Densité pendant la 2ᵉ année de végétation
Trèfle violet semé en sol nu	750	460	220
Trèfle violet semé sous orge (60 unités d'azote/ha)	750	330	170
Dactyle aggloméré	750	202	60
Ray-grass anglais	750	167	39

un phénomène fondamental de la biologie des plantes pérennes et en particulier des plantes fourragères toujours cultivées en gazons denses.

Dans le cas des luzernes, l'évolution du peuplement mesurée en pourcentage du peuplement initial est représentée dans une bonne culture de la manière suivante :

TABLEAU 5

	Pourcentage
Graines potentiellement germant	100
Plantules après la levée (semis de printemps)	58
Avant le premier hiver...	52
Au départ du premier printemps	36
Au deuxième automne	31
Au départ du deuxième printemps....	22

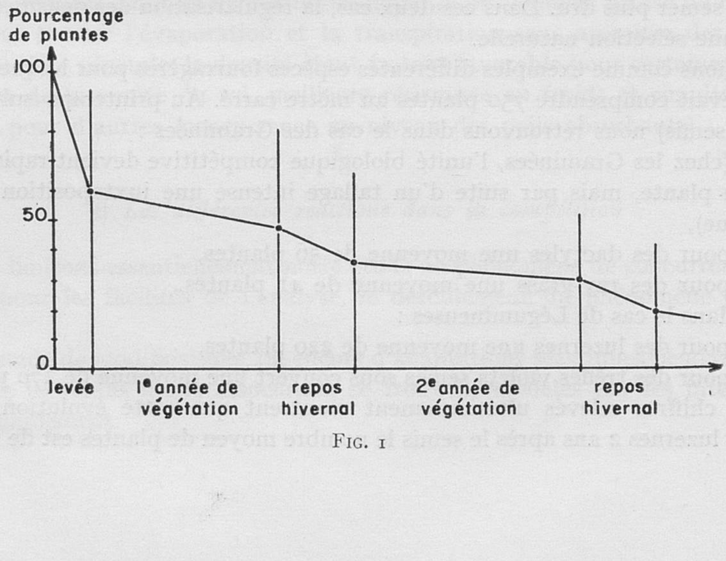


FIG. 1

Ces relevés (fig. 1) montrent la continuité du phénomène d'élimination. En première analyse on peut mettre en évidence au moins trois stades critiques dans le développement de la plante :

— son premier mois d'existence : semis-levée,
— l'hiver et le départ de végétation.

Les périodes de pleine végétation : avril à fin octobre ne donnent pas lieu à des éliminations graves.

— La formation des organes floraux et les phénomènes de fécondation.

Les phénomènes en cause au cours de ces divers stades n'étant pas de même nature ni de même importance, nous étudierons séparément les mécanismes du développement de la compétition durant chacun d'eux.

II. — ASPECTS DE LA COMPÉTITION AU STADE JEUNE

Il est curieux de constater que les phénomènes d'interférence entre génotypes au cours de la levée et de l'établissement n'ont donné lieu qu'à d'assez rares études

Nous avons sur la luzerne cherché à analyser le déroulement de l'émergence des plantules et la compétition pendant les tout premiers jours.

Plusieurs expériences avaient pour but l'étude cinétique et génétique de l'évolution.

Dans la première, le dispositif expérimental comportait les traitements suivants :

Semis en lignes à la densité agricole de 20 kg/ha.
Semis d'une graine isolée tous les 5 cm.
Semis d'un poquet de 10 graines tous les 5 cm.
Semis en boîtes de Pétri.

Une variété synthétique expérimentale, d'homogénéité moyenne a été utilisée.

1) L'évolution de la levée est donnée dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU 6

Pourcentages de plantules sorties

Temps après le semis	Lignes 20 kg/ha	Graines isolées	Poquets	Pétri
40 h	18,8	36,0	24,3	97
64 h	62,5	72,2	60,6	99
110 h	65,6	72,2	70,3	99
140 h	59,3	72,2	60,4	99
8 jours	58,9	72,2	45,8	

Ces données nous permettent de suivre la cinétique de l'établissement des plantules : une levée rapide en 64 heures des graines isolées et une sortie plus lente des semis en ligne ou en poquets, où le facteur eau est très probablement limitant.

En boîtes de Pétri où l'eau est fournie en abondance et où aucun obstacle mécanique n'entrave la sortie des graines, en 64 heures la germination est parfaite.

A la 110e heure, on constate que la levée dans les lignes, poquets et graines isolées s'est sensiblement équilibrée, cependant le phénomène est certainement très complexe dans le cas des poquets où se manifeste visiblement une très grande irrégularité de vigueur : la concurrence qui affaiblit certains individus est compensée par une coopération de l'ensemble des plantes pour soulever la croûte superficielle de terre et émerger.

Le phénomène de compétition pour l'eau, et peut-être la lumière, se poursuit très nettement entre la 110e et la 140e heure. On constate ici une élimination très nette dans les poquets : 13,2 p. 100, assez marquée dans les semis en ligne 9,6 p. 100 mais nulle sur les plantes isolées et les boîtes de Pétri.

Cette disparition de plantes n'est que l'aboutissement d'un affaiblissement très rapide des différents génotypes qui entrent en compétition dès la germination.

Les poids moyens individuels (matière verte) dans les différents traitements traduisent bien l'intensité des effets plastiques de cette lutte.

TABLEAU 7

Rendements en vert à 140 heures

	mg
Lignes 20 kg/ha	11,25
Graines isolées	11,84
Poquets	8,85

Bien que nous n'ayons qu'amorcé dans cette expérience, la phase d'élimination, nous saisissons en quelques heures la marche du phénomène qui se déroule dans la pratique pour tous les semis en lignes.

2) L'aspect qualitatif lié à la structure génétique tient essentiellement dans la réponse à cette question : quelle est la nature de la puissance compétitive ?

Il est vraisemblable que des différences initiales extrêmement fines permettent à un individu de dominer par la suite. La théorie du « capital initial » proposé par Ashby est peut-être plausible, mais « l'intérêt » de ce capital étant difficilement séparable d'une continuité dans les effets avantageux, il est difficile d'apporter des faits expérimentaux infirmant ou confirmant cette idée.

Nous avons dans une seconde expérience réalisée par M. Mouline à la Station d'Amélioration des Plantes fourragères (Lusignan), analysé la puissance compétitive des grosses graines relativement aux petites graines.

La séparation des tailles de graines peut se faire, soit par des tamis de mailles adaptées, soit par un trieur densimétrique avec aspiration d'air réglable, soit simplement par séparation à vue.

On constate que dès les premiers jours l'élongation et le diamètre des racines sont supérieurs chez les grosses graines. Au 13e jour suivant la germination la surface des cotylédons est de 21 mm² sur les plantules issues de grosses graines, de 15 mm² pour les plantules issues de petites graines.

Nous pouvons donc, sans faire pour l'instant aucune hypothèse sur les causes génétiques, dire que les plantes produites par des grosses graines sont de vigueur

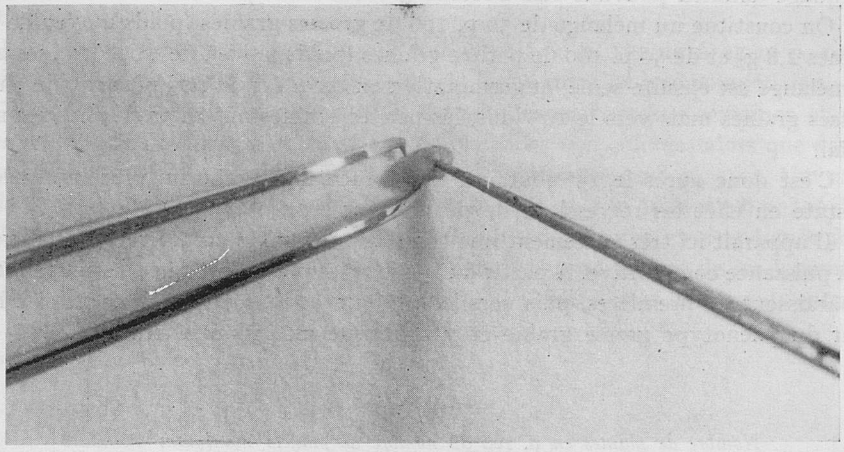


PHOTO 1. — *Percement des graines*

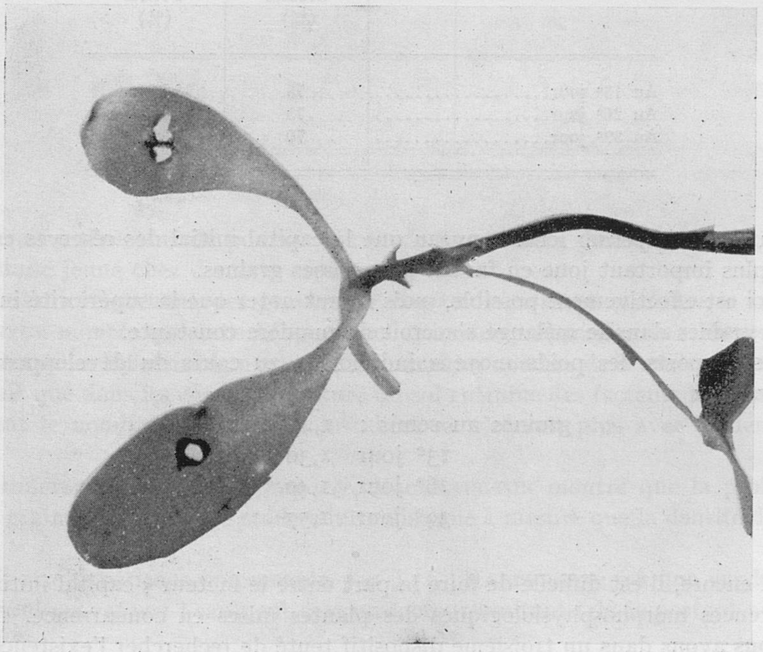


PHOTO 2. — *Cotyledons percés*

supérieure. D'ailleurs les rendements au 13[e] jour sont de 2 mg pour les individus « petites graines », de 2,6 mg pour les individus « grosses graines ».

La méthode utilisée pour retrouver les plantules issues de grosses graines était très simple. Avant le semis de chaque lot, les graines étaient mises à tremper et les

cotylédons pour la catégorie « grosse » étaient percés par une fine aiguille. La cicatrice permet d'identifier les plantes issues de ces graines pendant 40 jours, un second marquage définitif pouvant être effectué (photos 1 et 2).

On constitue un mélange de 50 p. 100 de grosses graines (poids moyen de 1 000 graines 2,8 g) et de 50 p. 100 de petites graines (poids moyen de 1 000 graines 2,2 g). Ce mélange est ensuite semé, la germination en terre est un peu plus rapide chez les grosses graines mais vers le 10e jour, les petites graines ont rattrapé ce léger retard initial.

C'est donc après le 13e jour que commence une évolution plus marquée. On constate en effet les régressions de peuplement suivantes :

Il apparaît ici très nettement une corrélation entre le caractère « grosse graine » et la puissance compétitive. A partir du 13e jour les plantules issues de petites graines disparaissent les premières, puis vers le 26e jour la compétition joue aussi à l'intérieur du phénotype grosse graine et y provoque une élimination.

TABLEAU 8

Nombre de plantes en p. 100 *du nombre de plantes maximum attendues*

	Grosses (%)	Petites (%)
Au 13e jour	75	75
Au 26e jour	75	66
Au 39e jour	70	54,2

On pourrait penser ici à nouveau que le capital initial des réserves cotylédonnaires plus important joue en faveur des grosses graines.

Ceci est effectivement possible, mais il faut noter que la supériorité initiale des grosses graines dans le mélange s'accroît de manière constante.

Les rapports des poids moyens individuels au cours du développement sont les suivants :

graines au semis :	1,27
13e jour	1,30
26e jour	1,40
39e jour	1,57

Ici encore, il est difficile de faire la part entre le facteur « capital initial » et les interférences morpho-physiologiques des plantes mises en concurrence.

Nous avons dans un troisième dispositif tenté de rechercher l'existence de relations entre la vigueur hybride et la puissance compétitive. Nous avons utilisé un caractère génétique des plantules de luzerne : l'axe hypocotyle des jeunes luzernes contient dans la plupart des cas des pigments anthocyaniques visibles ou non, mais qu'on peut mettre en évidence par la réaction à l'acide chlorhydrique. Les résultats de ce test sont très sensibles aux conditions du milieu, mais on peut obtenir des familles issues d'autofécondation qui ne donnent jamais de réaction anthocyanique.

Nous avons utilisé un mélange de semences d'un hybride vigoureux A ne donnant que 15,8 p. 100 de plantules sans réaction anthocyanique, et d'une famille B ayant subi plusieurs générations d'autofécondation, dont toutes les plantules étaient sans réaction.

Le mélange de semences initial qui comprenait 80 p. 100 de A et 20 p. 100 de B a été établi à une forte densité qui a dès la levée entraîné une compétition.

Nous avons analysé la composition du peuplement après 4 semaines et nous avons relevé une proportion de 24 p. 100 de plantules non colorées alors que dans la composition du mélange initial nous devions en attendre 32,8 p. 100. Un calcul rapide nous donne alors la composition à ce stade 90,5 p. 100 de A et 9,6 p. 100 de B.

La compétition a donc éliminé deux fois plus de plantes chez la lignée faible que chez l'hybride plus vigoureux et cependant des appréciations de rendement sur la culture pure de A et celle de B montrent que les différences de vigueur entre les deux groupes de génotypes juxtaposés n'étaient pas grandes :

TABLEAU 9

Poids moyen par plante (matière sèche en mg)

	mg
Hybride A	11,80
Famille B	9,35

Il serait intéressant de pouvoir réunir de nombreuses données sur la compétition au stade jeune chez d'autres espèces.

Un essai comprenant des graines de *Bromus rigidus* et *madritensis* cité par J.L. HARPER montre que dans de bonnes conditions de préparation du sol le nombre de plantules établies est sensiblement proportionnel au nombre de semences mises dans le sol, mais que dans les cas où la texture du sol entraîne des facteurs limitants, très rapidement le nombre de plantules installées ne s'accroît plus avec la densité de semis.

Sur différentes espèces de *Papaver*, Mac NAUGTON montre que la probabilité pour une graine d'atteindre le stade adulte diminue à mesure que la densité de semis s'accroît.

Une autre expérience commentée par J. L. HARPER montre que sur le Trèfle blanc (*Trifolium repens*) l'eau peut être un facteur limitant très important au stade jeune.

Pour une même levée :

— en conditions de sécheresse, le peuplement à 1 mois et demi est pratiquement stabilisé à 10 000 plantules par m² quelle que soit la densité de semis ;

— alors qu'en conditions d'humidité constante, le peuplement s'accroît proportionnellement à la densité de semis (dans ces dernières conditions, il est toujours croissant à une densité de 30 000 plantules au m²).

Cet ensemble de travaux met bien en évidence l'élimination extrêmement marquée à ce stade et indique la supériorité, pour la puissance compétitive, des génotypes qui présentent les marques d'une grande vigueur au sens général du terme.

III. — ANALYSE DE LA COMPÉTITION PENDANT LA PHASE DE CROISSANCE VÉGÉTATIVE

Comme nous l'avons vu, après le stade jeune, les individus sont encore soumis à des intensités de compétition variables et il existe des phases précises de deux natures où les peuplements s'éclaircissent :

— des phases où les conditions extérieures sont difficiles et où les individus ayant été affaiblis dans la compétition ne sont plus en homéostase avec le milieu et sont détruits (possibilités de concentration des sucs cellulaires et résistance au froid).

— des phases où il y a un accroissement brutal des besoins en un élément (physique ou chimique) et où l'on constate une élimination marquée (repousse après une coupe par exemple).

L'analyse que nous proposons sera divisée comme suit :

— étude rapide des effets plastiques pouvant amener à une disparition de la plante,

— les facteurs génétiques en cause,

— homogénéité génétique et intensité de la compétition.

a) *Étude des modifications plastiques amenant une disparition de la plante*

T. Yamada et S. Horiuchi ont suivi chez l'Orge les caractères quantitatifs qui ont été distinctement affectés par la compétition. Dans un mélange de 5 variétés d'Orge, ces auteurs ont montré que les poids d'apex, les nombres de talles, les nombres d'épis étaient notablement différents de ceux qu'on trouve en parcelle d'une seule variété. Par contre, la hauteur de tige et la longueur de l'épi ont été peu affectées.

Des observations effectuées sur différentes variétés de Luzernes cultivées à des densités variables sur la ligne (écartements entre plantes de 1, 2, 4, 8, 16 et 32 cm) confirment ces résultats.

Des caractères tels que grosseur des tiges, nombre de tiges, poids des plantes montrent une interaction très nette avec la densité de peuplement. La hauteur par contre semble indifférente à la distance entre plantes (tabl. 10), (fig. 2).

T. Yamada montre que ces différences morphologiques sont le reflet de différences fonctionnelles plus profondes : il met en évidence une modification du métabolisme dans le mélange.

Les plantes qui dominent pour la hauteur, qui ont une croissance radiculaire plus rapide, une meilleure aptitude à absorber l'eau, les aliments et la lumière ont

une puissance compétitive plus grande. Leur vigueur supérieure par rapport aux voisines entraîne une interaction entre leur morphologie et celle des plantes qui l'entourent.

TABLEAU 10

Modifications plastiques moyennes d'une plante de luzerne en fonction de la densité de peuplement

		Écartements en cm						
		1 × 20	2 × 20	4 × 20	8 × 20	16 × 20	32 × 20	Δ
Modifications plastiques	Hauteur en cm	57	59	62	58	59	58	N. S.
	Grosseur des tiges, note de 0 à 5	2,62	3,06	3,22	3,47	3,30	3,42	T. S.
	Nombre de tiges	2,3	4,0	6,8	10,9	13,3	15,2	T. S.
	Poids en g	10,8	18,7	33,4	67,4	102,8	113,2	T. S.

La continuité dans les processus de développement fait que nous vérifions toujours à l'intérieur d'un peuplement dense qu'une plante qui a souffert au début de son existence reste fréquemment déprimée pour les phases ultérieures. La plupart du temps ces actions insensibles au stade jeune s'accentuent par la suite et entraînent l'élimination.

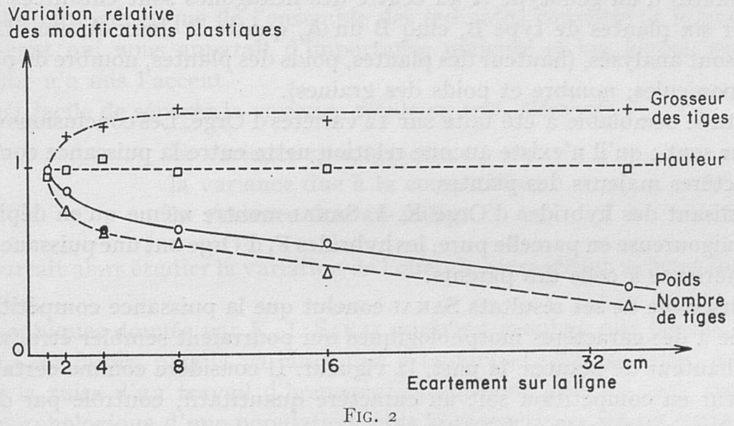


FIG. 2

C'est ainsi que dans un essai de luzerne, nous avons pu suivre les modifications subies par un individu jusqu'à sa disparition :

Entre deux plantes A et C se trouve une plante B qui à la germination (mai 1958) ne présente pas de retard par rapport à ses voisines.

Les caractéristiques de ces plantes le 13 mai 1959 sont les suivantes :

TABLEAU II

	A	B	C
Hauteur (cm)............	110	80	105
Nombre de tiges	12	2	7
Grosseur des tiges (notation visuelle de 0 à 5)	3	2	4
Poids de la plante (g).......	140	10	100

Il est vraisemblable que les parties souterraines de la plante B présentaient le 13 mai la même infériorité dans leur développement.

A la repousse suivante, cette plante a été notée disparue.

L'élimination est donc apparue après une contrainte qui s'est très nettement traduite sur la morphologie de l'individu B.

b) *Les facteurs génétiques en cause*

Kan-ichi Sakai s'est préoccupé de la recherche des facteurs génétiques conditionnant la puissance compétitive. Ses expériences portent sur la juxtaposition de deux génotypes de Riz, l'un d'origine *indica*, l'autre d'origine *japonica*. La technique qu'il utilise est la plantation en hexagone, classique pour les études de compétition : A. L. Gardner, J. L. Harper, A. Mokhtarzadeh.

Des plantes d'un génotype A au centre des hexagones sont entourées successivement par six plantes de type B, cinq B un A, quatre B deux A etc. Différents caractères sont analysés, (hauteur des plantes, poids des plantes, nombre de panicules, poids des panicules, nombre et poids des graines).

Une étude semblable a été faite sur 12 variétés d'Orge. Les conclusions obtenues par l'auteur sont : qu'il n'existe aucune relation nette entre la puissance compétitive et les caractères majeurs des plantes.

En utilisant des hybrides d'Orge K.-I. Sakai montre même qu'en dépit de leur croissance vigoureuse en parcelle pure, les hybrides F_1 d'Orge ont une puissance compétitive inférieure à celle des parents.

De l'ensemble de ses résultats Sakai conclut que la puissance compétitive n'est pas associée à des caractères morphologiques qui pourraient sembler être favorables comme la hauteur de plantes, le port, la vigueur. Il considère comme certain le fait que la valeur en compétition soit un caractère quantitatif, contrôlé par des gènes mendéliens, avec interaction du milieu.

L'hérédité de la puissance compétitive a été analysée par H. I. Oka chez le Riz. Il a suivi les descendances F_2 et F_3 d'un hybride entre une variété de type *japonica* et une variété du type *indica* beaucoup plus agressif.

L'analyse de la variance conduite sur toute une série de caractères a permis de montrer que la puissance compétitive se comporte comme un caractère quantitatif

ordinaire, contrôlé par plusieurs gènes mendéliens. Les valeurs de D et H sont données au tableau 12 (D = Facteurs dominants, H = Super dominance).

TABLEAU 12

	Nombre de panicules	Poids de la plante
D	2,96 ± 1,07	17,74 ± 14,57
H	0,33 ± 2,92	22,12 ± 40,01

Dans ce croisement H. I. Oka trouve une héritabilité très faible $h^2 = 0{,}1177$ pour le nombre de panicules, et $h^2 = 0{,}0254$ pour le poids de la plante.

Le seul fait que bien souvent la souche sauvage soit avantagée dans la compétition par rapport au mutant, indique qu'une toute petite altération du génotype, soit pour une raison visible, soit pour une raison imperceptible à notre échelle, introduit un facteur génétique simple de puissance compétitive.

Cependant nous avons tout lieu de croire que ces études au stade adulte correspondent chez les plantes à des éléments très différents de ce qui est enregistré au stade jeune, où apparemment l'élimination en fonction de la vigueur est prépondérante. Il y a vraisemblablement à chaque phase critique du développement une qualité importante qui permet à une catégorie de génotypes de dominer les autres.

C) *Homogénéité génétique et intensité de la compétition*

La variabilité génétique de l'ensemble des individus constituant le peuplement est un élément qui nous apparaît d'importance majeure et sur lequel, cependant, aucun auteur n'a mis l'accent.

Il serait facile de séparer la variance totale en trois éléments :

la variance génotypique,
la variance due à la compétition,
la variance due au milieu.

On pourrait alors étudier la variation de l'effet de compétition suivant la variance génotypique.

Les graphiques donnés par K.-I. Sakai semblent montrer que plus la variance génotypique est faible, plus la variance due à la compétition est forte. Autrement dit, plus à la suite d'un travail d'homogénéisation génétique on aura restreint la diversité morphologique d'une population, plus la compétition jouera entre les individus et induira d'effets plastiques.

Pour suivre ce phénomène chez les Luzernes cultivées nous avons installé en avril 1962 l'expérience suivante :

Un hybride simple de Luzerne A, phénotypiquement très homogène, de haut niveau de rendement a été mélangé dans les proportions de 25 p. 100, 50 p. 100,

75 p. 100 à un hybride B de très faible rendement, phénotypiquement très homogène lui aussi.

Ces mélanges ont été réalisés sur la semence, après correction des germinations.

Les différents traitements comparés sont donc :

TABLEAU 13

	Bon hybride (%)	Mauvais hybride (%)
A	100	0
B	0	100
C	75	25
D	50	50
E	25	75

Ce mélange introduit artificiellement une grande variance génotypique.

Le but de l'essai était l'analyse de l'évolution du peuplement, des déformations plastiques par compétition et du rendement parcellaire.

Le mécanisme de la compétition a pu ici être mis en évidence de façon extrêmement claire.

Dès la levée la vigueur des plantules de la variété A a permis un peuplement bien meilleur de cette variété.

On trouve à la suite des quatre dates de relevés de peuplement un classement parallèle à celui qui est donné ci-dessous après le 1er comptage.

A 114,7 plantes/m
B 73,3 —
C 108,8 —
D 82,7 —
E 79,8 —

Mais immédiatement après la levée la compétition a été très marquée chez le traitement A, très peuplé, homogène pour la forte vigueur.

TABLEAU 14

Poids moyen par tige

	En peuplement dense (g)	En plantes espacées de 70 cm (g)
Variété A	4,39	20,1
Variété B	6,81	9,7

Les tiges et les feuilles chez cet hybride ont été moins bien alimentées et le poids par tige est ramené à un taux bien inférieur à celui du génotype B cependant beaucoup moins vigoureux.

En peuplement dense l'homogénéité pour la vigueur a donc joué dans un sens favorable au stade jeune, mais a eu un effet dépressif ensuite par une interférence entre les individus juxtaposés.

L'étude des poids de matière verte produits par chacun de ces mélanges au cours des trois coupes de l'année 1963, est extrêmement intéressante.

Les chiffres sont rassemblés dans le tableau suivant :

TABLEAU 15

Rendements en kg par parcelle

Constitution du mélange	1re coupe	2e coupe	3e coupe	Total (3 coupes)
A : 100 % A 0 % B	16,26	10,40	6,16	32,82
B : 0 % A 100 % B	9,78	7,33	3,43	20,54
C : 75 % A 25 % B	16,05	10,60	6,13	32,78
D : 50 % A 50 % B	15,08	10,08	5,86	31,02
E : 25 % A 75 % B	13,60	9,80	5,75	29,15
Plus petite différence significative au seuil 0,05	1,01	0,76	0,44	1,89

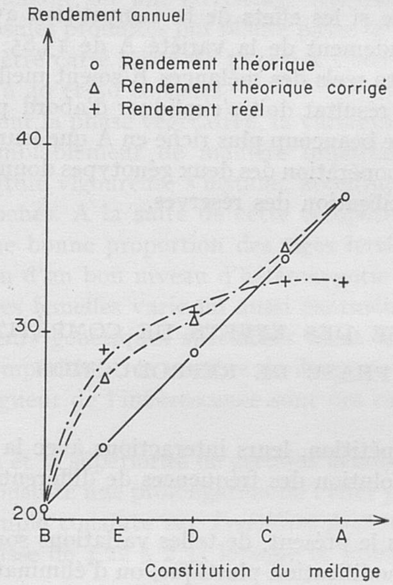


FIG. 3

La même expérience a d'ailleurs été répétée avec d'autres génotypes F et G, l'un très vigoureux en plantes isolées, l'autre faible, et a donné des résultats comparables.

Nous pouvons trouver une méthode d'appréciation de l'effet de compétition et vérifier qu'il est d'autant plus intense que les mélanges sont plus riches en génotype A.

Nous savons, en effet, à la suite d'essais où les hybrides A et B ont été cultivés en peuplement régulier (plantes espacées de 10 cm) que le rapport des productions potentielles A/B est de 1 633/899 = 1,82.

Ceci nous permet donc de reconstituer, en prenant comme base arbitraire le rendement parcellaire de B, les rendements théoriques des différents types de mélange (voir fig. 3).

La comparaison des rendements réels et des rendements théoriques montre un effet très marqué (tabl. 16).

TABLEAU 16

Poids vert en kg par parcelle

	Rendements théoriques	Rendements théoriques corrigés par peuplement	Rendements réels	Différences en % de rendement réel
A	37,38	37,38	23,82	— 13,85
B	20,54	20,54	20,54	0
C	34,01	34,5	32,78	— 4,75
D................	28,95	30,8	31,02	+ 1,2
E	23,91	27,6	29,15	+ 6,1

Tout se passe comme si les effets de la compétition avaient réduit les potentialités génétiques de rendement de la variété A de 13,85 p. 100. Il semble, par contre, que les rendements réels des mélanges E soient meilleurs que ceux qui sont normalement espérés. Ce résultat doit s'expliquer d'abord par une composition de E au moment de la récolte beaucoup plus riche en A que leurs constitutions initiales, ensuite par une sorte de coopération des deux génotypes donnant un optimum d'occupation du terrain et d'utilisation des réserves.

IV. — ANALYSE DES EFFETS DE COMPÉTITION PENDANT LA PHASE DE REPRODUCTION

Les effets de la compétition, leurs interactions avec la sélection naturelle sont surtout marqués par l'évolution des fréquences de différents génotypes d'une génération à la suivante.

Mais les causes, dans le présent, de telles variations sont dues simplement à la résultante des effets de modification plastique, ou d'élimination, à la levée, pendant la phase végétative, et pendant la phase de reproduction.

1) *Effets de modification plastique*

La quantité de descendants produits par un génotype dans un peuplement dense, ou d'un point de vue agronomique, la quantité de semences produite par un génotype, est dans la plupart des cas une fonction de la quantité de tiges fertiles et

du nombre d'organes femelles répartis sur cette tige. Ces deux grandeurs biologiques sont conditionnées par des processus de développement assez différents.

Le nombre de tiges fertiles est une résultante du niveau de peuplement et des effets de la compétition durant la phase végétative. De nombreux travaux montrent qu'en effet lorsque la densité de peuplement augmente le nombre de tiges fertiles diminue :

A. CAUDERON sur le Maïs fait les constatations suivantes : « Un peuplement trop fort entraîne une compétition qui va se traduire par la présence (plus de 10 p. 100) de plantes sans épi. Avec la grande majorité des hybrides actuels, la présence (plus de 5 p. 100) de plantes portant 2 épis indique au contraire un peuplement trop faible, c'est-à-dire une utilisation incomplète des ressources offertes par le milieu. »

Chez la Luzerne nous avons observé les résultats suivants :

TABLEAU 17

Densités de semis en kg/ha	5	10	15	20
% de tiges fleuries	60,5	46,8	43,7	32,2

J. L. HARPER travaillant sur une adventice, *Agrostemma githago* montre que le nombre moyen de capsules produites par plante passe de 1 à 5,8 quand la quantité de graines semées au mètre carré passe de 12 000 à 1 000. Des plantes isolées produisent d'ailleurs jusqu'à 40 et 50 capsules.

Ici, de même que pour la phase végétative, la variance pour la vigueur au stade jeune intervient vraisemblablement de manière importante : dans un ensemble hétérogène, chaque plantule vigoureuse s'installe, accentue le déséquilibre et élimine ses voisines les plus proches. A la suite de cette compétition, la régularisation du peuplement entraine une bonne proportion des tiges fertiles. Cette sélection naturelle permet un maintien d'un bon niveau d'hétérozygotie dans la population.

Le nombre d'organes femelles varie lui aussi énormément sur les tiges fertiles. Il semble que des facteurs génétiques spécialisés aient ici un rôle essentiel, indépendant de l'effet de compétition : le nombre de fleurs par épi, le nombre de fleurs par inflorescence, la longueur de l'inflorescence sont des caractéristiques d'un génotype.

La densité de semis et la supériorité de certains génotypes interviennent cependant à nouveau, et on constate une prolongation de l'effet précédemment analysé.

J. PICARD par exemple constate sur *Trifolium pratense* que le nombre d'inflorescences par plantes passe de 4,22 à 2,33 lorsque la densité de semis augmente de 5 kg/ha à 20 kg/ha.

Chez les Luzernes (*Medicago sativa*) le passage d'un taux de semis de 5 kg/ha à 20 kg/ha entraîne une variation du nombre d'inflorescences par tiges de 5,4 à 3,5.

2) *Effet de sélection par élimination de certains génotypes*

Chez les plantes allogames, la phase de pollinisation et de fécondation est très certainement celle qui donne la plus grande prise à la compétition. Au cours du trans-

port du pollen, chez des plantes anémophiles comme chez les entomophiles, on a démontré que les effets de proximité jouaient le rôle essentiel. On a également mis en évidence qu'il y avait une sélectivité de la part des insectes pollinisateurs.

Mais dès que les grains de pollen sont déposés sur le stigmate, une compétition est créée entre tubes polliniques pour l'acheminement vers les ovules.

L'existence des allèles de stérilité de la série S est l'un des exemples les plus frappants d'une élimination brutale. Mais dans les autres cas moins marqués, la concurrence reste extrêmement sévère.

Nous avons pu montrer par exemple, par marquage du pollen au phosphore 32, que l'autopollen était très défavorisé par rapport à l'allopollen, dans cette compétition :

D'après les numérations que nous avions faites, environ 1 500 grains de pollen sont déposés sur le stigmate après visite d'un pollinisateur sur une fleur de luzerne. Parmi ceux-ci 1 200 environ proviennent de la plante elle-même. La proportion d'allopollen sur le stigmate est donc d'environ 1/5.

TABLEAU 18

	Lignées (6 et 7 générations d'autofécondation)	Hybrides doubles et trois voies
Pollen germé après 90 minutes	100	118 135
Longueur moyenne des tubes	100	129 118

Cette faible proportion de l'allopollen, comparée au taux élevé de fécondation croisée, implique une importante sélectivité des tubes polliniques de l'allopollen au détriment de l'autopollen. Un tube pollinique issu du pollen d'une plante d'un autre génotype a une probabilité 40 fois plus grande de féconder un ovule qu'un tube pollinique formé par l'autopollen.

Nous avons mis en évidence d'autre part, que chez la Luzerne la croissance rapide du tube pollinique ne se faisait que dans des conditions très précises d'ajustement du milieu femelle aux exigences de croissance du tube.

Il y a donc une sélection qui s'opère entre les différentes natures de génotypes apportées par le pollen.

Les travaux de D. K. Barnes et R. W. Cleveland sur la Luzerne mettent en évidence un biais systématique des fécondations dues à des croissances différentielles des tubes polliniques.

D'autre part, une de nos expériences montre une relation entre la structure hybride de la plante chez la Luzerne qui est autotétraploïde, et un phénomène de vigueur hybride chez le pollen diploïde, phénomène qui se traduirait par des vitesses de croissance différente.

V. — CONCLUSIONS ET CONSÉQUENCES POUR L'AMÉLIORATION DES PLANTES

Les premières séries d'observations et les données bibliographiques que nous possédons nous permettent dès maintenant de tirer quelques conclusions.

a) *L'adaptation d'un génotype à la compétition*

Nous avons constaté que le phénomène de compétition était loin d'être simple : il est constitué d'un ensemble de besoins concomitants des individus et varie en intensité au cours du développement des plantes, passant d'une coopération à des concurrences très dures puis à l'indépendance.

Il est donc peu vraisemblable que puisse être définie une seule formule génotypique ayant une bonne adaptation à cette compétition. C'est plutôt un ensemble de génotypes dont les fréquences varient dans le temps qui pourrait représenter la composition la mieux adaptée.

Prenons comme exemple la levée d'une Légumineuse à germination épigée. Il y a dès le semis une indéniable coopération des axes hypocotyles pour la fissuration et le soulèvement de la croûte de sol qui recouvre les graines.

Simultanément ou immédiatement après, une concurrence sévère s'instaure au niveau des racines pour les besoins en eau. La forte densité, bénéfique pour l'émergence des plantules se transforme alors en inconvénient.

Un génotype avantagé dans le premier cas (axe hypotocyle très long, émergence rapide) peut très bien ne plus être favorisé dans la deuxième phase (cotylédons de grande surface, besoins en eau plus élevés...).

Nous pouvons appliquer, à l'adaptation aux différents facteurs de la compétition, cette phrase que J. B. S. Haldane prononça lors du dernier congrès de Génétique à propos de l'adaptation au milieu, « il est absurde de croire qu'il y a un génotype idéalement adapté, il faut toujours envisager des ensembles de génotypes ».

b) *Facteurs génétiques en cause dans la puissance compétitive*

Les variations dans la nature de l'interférence entre plantes entraînent que toute mesure de la puissance compétitive en un instant donné, ou pour un caractère défini, n'a qu'une signification partielle et peut donc mettre en cause des facteurs très différents.

Les observations que nous avons recueillies au stade plantules qui mettent en évidence les liaisons entre puissance compétitive et grosseur des graines, ou hétérozygotie de la structure, ne sont donc ni en contradiction avec les expériences de Yamada qui relie hauteur et vitesse d'absorption avec la puissance compétitive, ni même avec celles de H. I. Oka qui montre que chez le Riz cette aptitude à la concurrence doit être considérée comme un caractère quantitatif plurifactoriel. Toutes ces analyses portent sur des phases différentes et s'enrichissent donc mutuellement.

c) *Homogénéité et adaptation à la compétition*

L'uniformité des besoins dans un ensemble phénotypiquement homogène au départ, accroît les interférences et amène, à plus ou moins longue échéance, une variabilité souvent égale à celle de peuplements initialement beaucoup plus hétérogènes (tabl. 19).

TABLEAU 19

Accroissement du coefficient de variation en fonction de l'effet de compétition

	Pépinière (%)	Micro-essai (%)	Culture dense (%)
Poids	35	65	120
Hauteur	13	—	20

Dans une expérience que nous avons analysée, le comportement d'un constituant génétiquement homogène ayant subi une intensité de compétition plus élevée, comparé à un mélange de génotypes pour lesquels l'intensité de compétition au stade adulte était moins forte, présentait les caractéristiques suivantes : (tabl. 20)

TABLEAU 20

	Coefficient de variation	
	Des mesures de hauteur	Des diamètres de racine
Génotype homogène	20,47	27,03
Mélange des génotypes	23,93	31,01

Il s'ensuit que finalement l'utilisation d'un seul génotype peut dans ces conditions ne pas entraîner de gain appréciable dans l'homogénéité, et entraîne une souplesse moins grande dans l'adaptation à la compétition. Il semble donc qu'on puisse envisager une sorte d'aptitude à l'association entre différents génotypes :

On pourrait en schématisant, par exemple, imaginer qu'une formule génotypique n'ait qu'un seul but, celui d'assurer une fissuration et un percement du sol à la levée, mais contienne un gène sublétal qui entraîne sa disparition rapide afin d'éviter toute compétition ultérieure (photo nº 3).

d) *Sélection pour la vigueur et séquelles de la compétition au stade jeune*

Lorsqu'un travail d'amélioration aboutit à un ensemble homogène de bonne vigueur, les différents individus ont, dès l'émergence, des besoins intenses et simul-

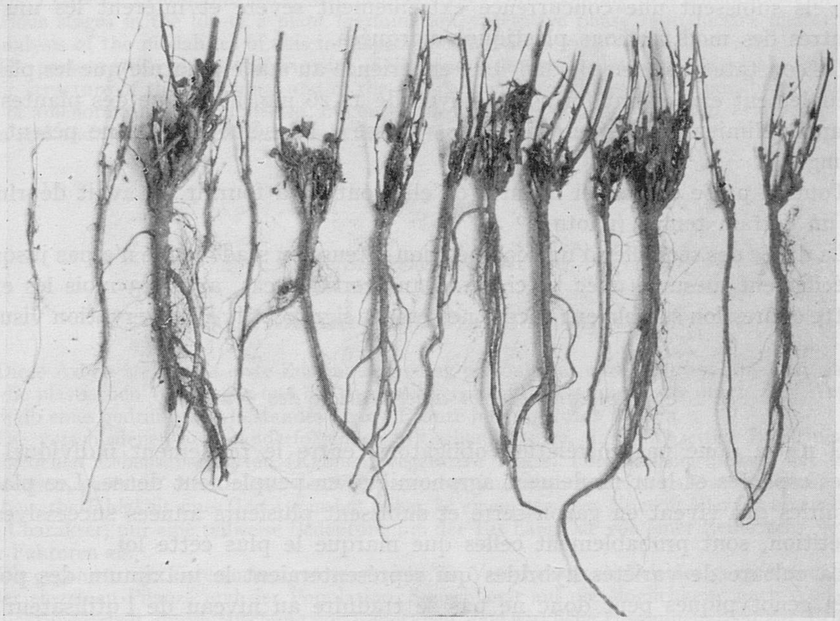


PHOTO 3. — *Hétérogénéité causée par la compétition intraspécifique dans un génotype homogène en peuplement dense*

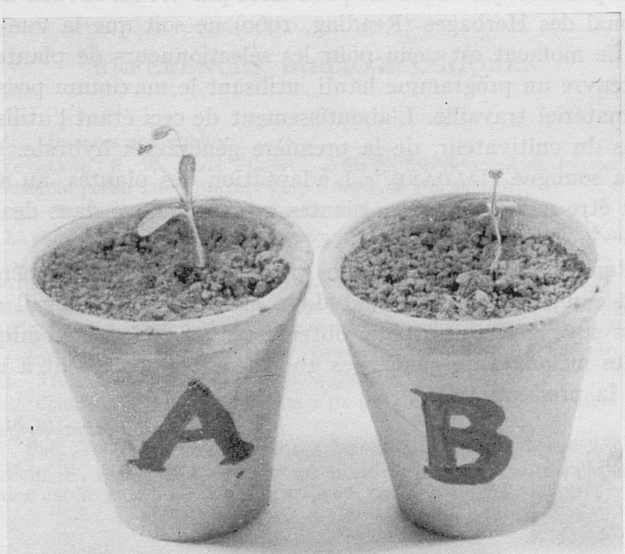


PHOTO 4. — *Séquelles de la compétition au stade plantule*
A — Plante isolée
B — Plante issue d'un semis en poquet

tanés, ils subissent une concurrence extrêmement sévère et infèrent les uns sur les autres des modifications plastiques marquées.

On constate par exemple dans une expérience au stade plantule que les plantes en peuplement espacé ont un poids moyen de 12,26 mg, alors que des plantes qui ont, après élimination de leurs voisines, poussé à la même densité ne pèsent que 9,25 mg.

Tout se passe comme si la lutte qu'elles ont eu à fournir les avait déprimées pour un certain temps (photo n° 4).

La durée des séquelles d'une compétition intense au stade jeune n'a pas jusqu'ici été réellement mesurée avec précision. Dans certains cas, après 13 mois les effets de cette dépression semblaient encore nettement significatifs à l'observation visuelle.

e) *Conséquences en amélioration des plantes*

Il n'y a donc pas corrélation obligatoire entre le rendement individuel des plantes espacées et leur rendement agronomique en peuplement dense. Les plantes de prairies qui vivent en gazon serré et subissent plusieurs années successives de compétition, sont probablement celles que marque le plus cette loi.

La culture de variétés hybrides qui représenteraient le maximum des potentialités génotypiques peut donc ne pas se traduire au niveau de l'utilisateur par un gain tangible, surtout lorsque la culture effectuée dans de bonnes conditions techniques permet à la compétition de déprimer la productivité des individus.

Il est donc possible que la phrase prononcée par W. M. MYERS au dernier Congrès international des Herbages (Reading, 1960) ne soit que la vue partielle d'un généticien : « Le moment est venu pour les sélectionneurs de plantes fourragères, de mettre en œuvre un programme hardi, utilisant le maximum possible de l'hétérosis dans le matériel travaillé. L'aboutissement de ceci étant l'utilisation dans les champs mêmes du cultivateur, de la première génération hybride. »

Comme l'a souligné HALDANE, « L'adaptation des plantes, au sens darwinien du terme, doit être mesurée sur des plantes qui ont poussé dans des conditions de compétition. »

Ceci impliquant l'existence chez les plantes de différences héréditaires dans l'aptitude à la compétition, il se peut donc qu'une fois le travail d'amélioration accompli, nous soyons amenés, pour obtenir un progrès agronomique marquant, à considérer des mélanges de génotypes aboutissant globalement à une réelle coopération pour la productivité.

Reçu pour publication en janvier 1964.

SUMMARY

PRELIMINARY ANALYSIS OF COMPETITION IN LUCERNES

This work summarises the first collection of personal and bibliographical data. It brings to light the plastic effects and the interactions arising at plant level as a result of competition within a dense population.

The existence of different successive critical stages corresponding to a simultaneity of needs of various stages in the life of a plant (germination, vegetative phase, reproductive phase) makes the analysis of the modalities of this intraspecific competition very complex.

The present study shows the diversity of the genetic factors in play, and the double role of the genetic structure of the individual and of the population. It concludes on the possibility, once the work of amelioration is accomplished, of considering mixtures of genotypes, and eventually achieving a real and world-wide cooperation in the interests of productivity.

ZUSAMMENFASSUNG

VORANALYSEN DES WETTBEWERBES BEI DER LUZERNE

Diese Arbeit stellt eine erste Zusammenfassung persönlicher und Literatur-Angaben dar. Sie hebt die plastischen Wirkungen und die gegenseitigen Reaktionen hervor, die durch den Wettwerb innerhalb eines gedrungenen Bestandes an der Pflanze hervorgerufen werden.

Die verschiedenen aufeinanderfolgenden kritischen Stadien, die gleichzeitige Bedürfnisse bei verschiedenen Lebensabschnitten (Keimen, vegetative Phase, Fortpflanzungsphase) der Pflanze entsprechen, gestaltet die Analyse des Wettbewerbes innerhalb einer Art als sehr verwickelt die Wettbewerbesfähigkeit eines Genotypus hat daher, zu einem gewissen Moment oder für einen bestimmten Charakter, nur eine teilweise Bedeutung ; in der Tat hängt sie von einer Reihe sehr verschiedener Faktoren ab.

Die gegenwärtige Untersuchung unterstreicht die Verschiedenartigkeit der genetischen Struck-tur der einzelnen Pflanze und der Population. Sie schliesst auf die Möglichkeit, nach Vollendung der Züchtungsarbeit, durch Mischung von Genotypen, eine wirkliche Zusammenarbeit zur Erhöhung des Ertrages zu bewirken.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BANNEROT H., 1960. Données non publiées.

BARNES D. K., CLEVELAND R. W., 1963. Genetic evidence for Nonrandom. fertilization in Alfalfa as influenced by differential pollen tube growth. *Crop Science*, **3**, 7-8, 295-297.

DE WIT C. T., 1960. On competition. *Versl. Landb. Onderz.*, The Hague, 66-8.

FÉLIX L., 1954. La compétition dans les mélanges simples d'espèces ou de variétés. *Conf. Europ. Herbages*, Paris, 103-106.

HARPER J. L., 1961. Approaches to the study of Plant Competition. *Symp. Soc. Exp. Biol.*, **15**, 1-39.

HODGSON G. L., BLACKMAN G. E., 1956. An analysis of the influence of plant density on the growth of *Vicia faba*. The influence of density on the pattern of development. *J. Exp. Bot.*, **7**, 7-20, 147-165.

MATHER K., 1961. Competition and co-operation. *Symp. Soc. Exp. Biol.*, **15**, 265-281.

MOULINE M., 1963. Troisième année ENSA, Grignon (rapport).

SAKAI K. I., 1961. Competitive Ability in plants : its inheritance and some related problems. *Symp. Soc. Exp. Biol.*, **15**, 245-263.

YAMADA T., 1955. *Bull. Nat. Inst. Agric. Sc. (Chiba)*, Japon, **11**, 249-329.

YAMADA T., HORIUCHI S., 1960. On the bias of quantitative characters and the change of their distribution in a population due to inter-plant competition. *8th int. Grass. Cong.*, 297-301.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (2), 157-201.

LA BIOLOGIE FLORALE DU CHOU FOURRAGER SES CONSÉQUENCES POUR LA SÉLECTION [1]

G. du CREHU
Station d'Amélioration des Plantes, Centre de Recherches agronomiques de l'Ouest
École nationale supérieure agronomique, Rennes (Ille-et-Vilaine)

Deuxième partie

LES MÉTHODES DE SÉLECTION

L'allogamie, bien établie, du Chou fourrager détermine la nature des méthodes générales de sélection qui lui sont applicables.

Le phénomène d'auto-incompatibilité, principal responsable de l'allogamie, revêt, on le conçoit, une importance primordiale ; d'un côté il complique l'obtention éventuelle de lignées autofécondées ; en contre partie, il favorise l'interpollinisation entre individus ou groupes d'individus intercompatibles. L'auto-incompatibilité peut en effet atteindre un degré assez élevé pour permettre, en conditions naturelles, cent pour cent de croisement sans castration, opération irréalisable à l'échelle industrielle chez cette plante hermaphrodite.

Parmi les autres caractéristiques de biologie florale dont on pourra tirer parti en sélection, nous retiendrons surtout le *coefficient élevé de multiplication* tant au niveau de la fleur qu'à celui de la plante.

Deux facteurs de nature très différente méritent par ailleurs d'être soulignés :

— *La longue durée du cycle végétatif :* En conditions naturelles celui-ci s'étend sur une année complète.

Il en résulte que le problème de l'hivernage complique la sélection des variétés d'automne sensibles au froid. Mais surtout le sélectionneur ne peut alors travailler sur un même matériel que tous les deux ans. Dans ces conditions, la sélection chez le Chou fourrager apparaît devoir être une œuvre de très longue haleine.

— *L'aptitude à la multiplication végétative.* Le bouturage possible de divers organes, utilisé avec succès dans certaines Stations de recherches étrangères, peut s'avérer un auxiliaire précieux dans la réalisation matérielle d'un programme de sélection.

[1] La première partie de ce mémoire a paru dans le nº 1, 1964, des Annales de l'Amélioration des Plantes.

La considération des objectifs de sélection devrait aussi entrer en ligne de compte dans le choix des méthodes de sélection, l'efficacité des unes ou des autres dépendant souvent de la nature des caractères recherchés. Dans le cadre de cette étude nous ferons abstraction des objectifs particuliers propres à satisfaire les besoins actuels très variés. Ceux-ci impliquent en tout cas la nécessité de créer des variétés nettement caractérisées et productives, c'est-à-dire associant homogénéité et vigueur.

C'est dans cette optique que nous proposons d'analyser les méthodes de sélection adaptées aux caractéristiques particulières de la plante. Classiquement nous les répartirons en deux groupes suivant qu'elles font ou non appel au contrôle de la pollinisation. Dans ce dernier cas l'autofécondation plus ou moins prolongée du matériel de départ constituera généralement la première étape du travail : l'importance pratique de l'effet d'inbreeding nous conduit a lui réserver en premiere lieu une étude spéciale.

I. — L'EFFET D'INBREEDING CHEZ LE CHOU FOURRAGER

L'autofécondation prolongée, destinée à accroître progressivement l'homozygotie du matériel, provoque en même temps une perte de vigueur. Cette action dépressive — ou effet d'inbreeding — est en général très marquée lors des premières générations. Elle intéresse à la fois la morphologie et la physiologie de la plante.

A. — Effets morphologiques

L'effet le plus commun est une *réduction du format ;* ainsi qu'en témoignent les exemples ci-dessous celle-ci peut revêtir des degrés très variables (fig. 10 et 11 et tabl. 12).

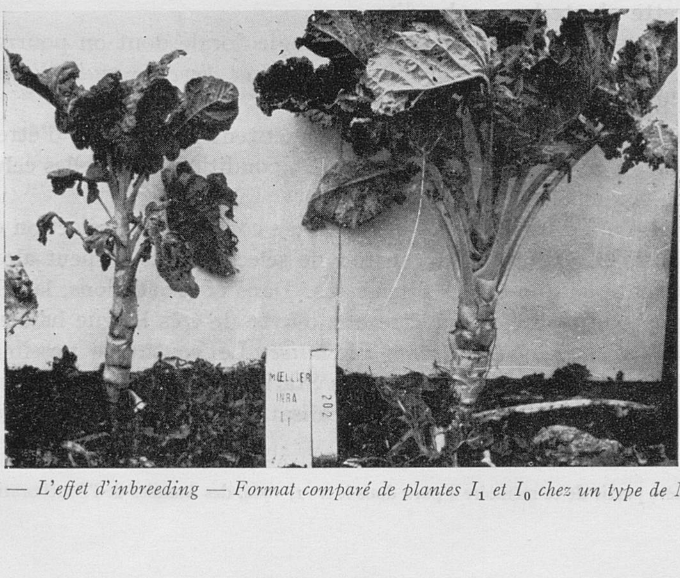


FIG. 10 — *L'effet d'inbreeding — Format comparé de plantes I_1 et I_0 chez un type de Moellier.*

Une étude beaucoup plus détaillée de ce phénomène est actuellement poursuivie à la *Welsh Plant Breeding Station* d'Aberystwyth. D'après les premiers résultats qu'à bien voulu nous communiquer son auteur T. D. JOHNSTON, les caractères particulière-

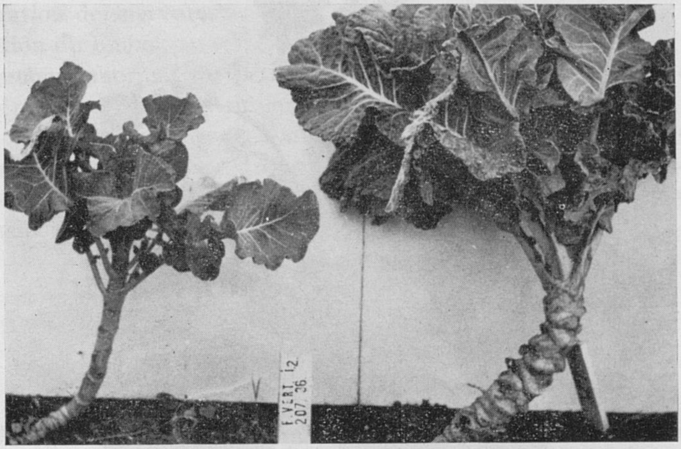


FIG. 11. — *L'effet d'inbreeding — Format comparé de plantes I_1 et I_2 chez « Fourrager Vert »*

ment affectés sont d'une part la hauteur et le diamètre des tiges, d'autre part les dimensions des feuilles ; par contre le nombre de feuilles ne paraît pas évoluer de façon significative. La réduction moyenne du format serait de l'ordre de 20 p. 100

TABLEAU 12

Effets de l'autofécondation sur la hauteur des plantes
Études sur 6 lignées I_1, — *Rennes*, 1950

Lignée nº	Effectif étudié	Hauteur des plantes (en cm)						Rapport des moyennes (I_1/FL)
		Autofécondation (I_1)			Fécondation libre (FL)			
		min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	
1	60	51	90	74	61	113	82	90,2
2	50	52	84	65	50	86	77	84,4
3	50	30	68	52	33	100	65	80,0
4	60	21	112	69	52	128	87	79,3
5	80	56	75	63	69	111	85	74,1
6	70	12	57	39	39	88	74	52,7
Moy. Gén.....	370	37	81	60	51	104	78	76,8

à la première génération ce qui concorde avec les résultats du tableau ci-dessus ; elle serait aussi marquée à la deuxième génération et atteindrait au total 50 p. 100 à la troisième.



FIG. 12. — *Port pleureur par allongement exagéré des nervures* (Cavalier vert)

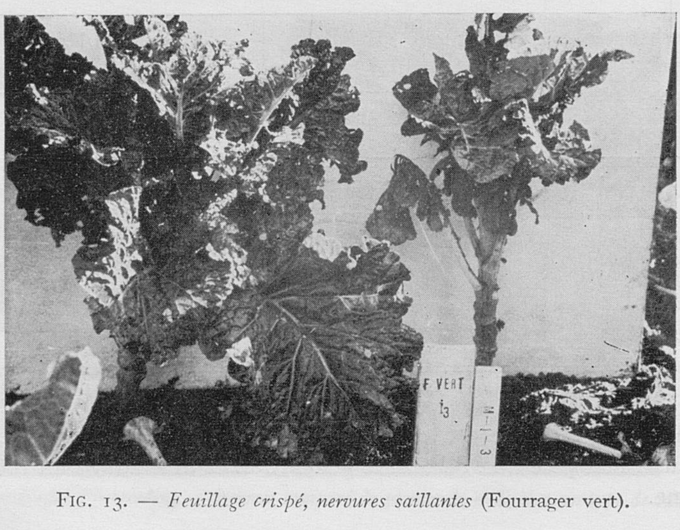


FIG. 13. — *Feuillage crispé, nervures saillantes* (Fourrager vert).

A cet effet dépressif de l'inbreeding, s'ajoute souvent l'apparition de phénotypes peu couramment rencontrés dans les populations normales. Parmi les plus fréquents, on peut citer :

— port en rosette ;

— exagération des nervures ;

— crispation du limbe ;

— allongement anormal du pétiole le plus souvent au détriment du limbe, confèrent à la plante un port « pleureur ».

Quelques exemples typiques en sont présentés ci-dessus (fig. 12 et 13).

On conçoit que dans les cas extrêmes l'inbreeding puisse se traduire par l'apparition de phénotypes entièrement nouveaux sur lesquels aucun jugement de valeur ne peut être porté.

B. — Effets physiologiques

Réduisant le format, l'autofécondation entraîne une diminution notable de la *productivité*. Sans doute les lignées autofécondées ne sont pas destinées à être utilisées directement en culture. Cependant deux facteurs doivent retenir notre attention ; ils sont très importants pour la conservation des lignées elles-mêmes : *résistance aux adversités* et *fertilité*.

1°) *Résistance aux adversités*

L'inbreeding accroît la sensibilité aux nombreux accidents ou maladies auxquels sont exposées les plantes au cours d'un cycle végétatif particulièrement long :

— les maladies cryptogamiques : maladies du feuillage notamment *Microsphaerella brassicicola* à l'automne, *Alternaria oleracea* surtout au printemps,

— la pourriture bactérienne d'automne (*Erwinia phytophtora*) chez les moelliers,

— les maladies à virus,

— enfin et surtout le gel hivernal.

A titre d'exemple nous avons dressé le bilan, sur nos pépinières, de l'action conjuguée de la plupart de ces adversités et plus spécialement du froid :

— au cours de l'année 1959-60 marquée par une période de basses températures (avec un minimum de — 14°8C au voisinage du sol le 7 janvier 1960) succédant à une fin d'automne très humide.

— au cours de l'année 1961-62 à hiver normal sous le climat de Rennes (minimum de — 9°8C au voisinage du sol le 19 décembre 1961) pour un matériel constitué en grande partie par la génération succédant à celle étudiée en 1960.

Le tableau récapitulatif ci-dessous (tabl. 13) tient compte, non seulement des destructions proprement dites, mais aussi des individus trop chétifs ou trop malades pour être pollinisés avec quelques chances de succès. En pratique d'ailleurs, c'est le nombre total de plantes réellement utilisables pour la sélection qui s'avère important

Nous constatons que le pourcentage de celles-ci dépend :

a) des caractères propres du matériel de départ.

b) de la génération d'inbreeding.

TABLEAU 13

Effets de l'inbreeding sur la résistance au froid et aux autres adversités
État des plantes à la floraison (RENNES, 1960 et 1962)

Variété	Année de 1re auto-fécondation	Géné-ration	Année d'étude	Nombre de plantes	Répartition des plantes en % du total			
					Tuées	Malades ou chétives	Saines et utilisables	
							Moyennes	extrêmes suivant les lignées
Moellier		*FL*	*1960*	—	*67,6*	*8,8*	*23,6*	
	1958	I_1	1960	191	71,2	14,1	14,7	0-40
		I_2	1962	90	71,1	11,1	17,8	0-35
	1960	I_1	1962	357	58,3	27,4	14,3	0-45
Fourrager Vert		*FL*	*1960*	—	*25,0*	*5,0*	*70,0*	
	1956	I_1	1960	92	43,3	10,0	46,7	0-90
		I_2	1960	125	9,6	48,8	41,6	0-85
		I_3	1962	247	60,3	25,9	13,8	0-30
	1958	I_1	1960	196	49,4	23,0	27,6	0-70
		I_2	1962	156	48,7	16,7	34,6	0-57
	1960	I_1	1962	595	53,4	15,2	31,4	0-53
Mille têtes Anglais		*FL*	*1960*	—	*7,5*	*2,5*	*90,0*	
	1957	I_1	1960	68	25,0	17,6	57,4	50-68
		I_2	1962	287	55,4	3,8	40,8	10-77
	1960	I_1	1962	325	24,6	14,5	60,9	0-85
Caulet		*FL*	*1960*	—	*0,0*	*0,0*	*100,0*	
	1956	I_1	1960	120	0,0	10,0	90,0	80-100
		I_2	1962	310	46,1	14,5	39,4	0-80
	1960	I_1	1962	486	3,3	30,0	66,7	25-80
Hybrides (toutes lignées × *Caulet*)		F_1	1960 et 1962	1 000	0,0	0,0	100,0	

a) *Influence de la variété.*

La « rusticité » naturelle des variétés d'origine conserve son importance.

1) *Types très sensibles* (Moelliers). — Chez le *Moellier*, très difficile déjà à conserver dans notre station en sélection massale, la sélection des lignées au champ s'avère très aléatoire. Même en année à hiver relativement doux, les déchets dus à la pourriture d'automne (*Erwinia phytophtora*) plus qu'au froid lui-même, sont considérables (environ 50 p. 100) ; en outre on s'aperçoit que les individus résistants, dans la mesure où leur survie n'est pas liée à leur vigueur, ont plus ou moins perdu le caractère moellier.

2) *Types demi-sensibles* (Fourrager Vert). — Les conséquences de l'inbreeding, encore graves, sont toutefois plus nuancées.

L'influence du matériel de départ revêt deux aspects :

— variabilité accusée entre lignées choisies dans les mêmes conditions et suivant les mêmes critères, donc phénotypiquement voisines ;

— influence des conditions de végétation (et donc de sélection) des plantes-mères : en particulier, on observe — du moins en I_1 et en I_2 —un meilleur comportement d'ensemble des lignées dérivées des plantes-mères isolées après un hiver rigoureux (1955-56).

3) *Types résistants* (Mille-Têtes Anglais, Caulet). — Ils réagissent à l'inbreeding dans le même sens que les précédents, mais, comme la « rusticité » constitue pour eux un des principaux objectifs de sélection, le taux de déchet à la première génération constitue alors un critère utile.

b) *Influence de la génération d'inbreeding.*

Assez généralement le pourcentage de déchets augmente avec la génération d'inbreeding, mais il ne nous est pas possible de préciser à quelle génération la chute est la plus rapide : cela semble dépendre beaucoup du matériel utilisé. Deux facteurs s'opposent en effet :

— apparition de récessifs plus ou moins nombreux ;

— sélection d'hétérozygotes dans la mesure où la résistance est liée à la vigueur.

Quoiqu'il en soit, pour la majorité des types, les déchets à attendre à chaque génération seront importants. Dans quelle mesure cette sévère sélection naturelle peut-elle servir le sélectionneur ? Les résultats des test de valeur en combinaison nous fixeront sur ce point. On peut présumer, toutefois, que cela dépendra beaucoup des objectifs particuliers de sélection, plus précisément du degré de « rusticité » recherché. Comme nous l'avons déjà signalé (1957), il semble bien que la « rusticité » soit une qualité inconciliable avec d'autres caractères agronomiques importants ; ceci entraîne la nécessité de disposer d'une gamme de variétés bien différenciées sous ce rapport. Le seul moyen d'éviter toute perte de gènes utiles est d'adapter à leurs exigences les conditions d'obtention des lignées inbred, quitte à recourir à des milieux artificiels (serre) pour résoudre le problème de l'hivernage.

2°) *Fertilité*

L'autofécondation affecte sévèrement la *productivité en graines* des plantes ; ceci découle de la réduction de leur format moyen et surtout de leur sensibilité accrue aux adversités ; de plus on observe assez fréquemment dans les lignées « inbred » une tendance à la stérilité.

A défaut d'une étude systématique de l'ensemble des lignées, nous avons pu néanmoins effectuer quelques observations sur la fraction d'entre-elles constituées par les plantes dites « utilisables » à la floraison.

— *le nombre de hampes florales émises par la plante semble peu affecté* par l'inbreeding; ceci s'accorde avec la relative stabilité du nombre de feuilles,

— *il en est tout autrement pour les deux facteurs : nombre moyen de fleurs par inflorescence et nombre moyen de graines par fleur* (en pollinisation libre).

TABLEAU 14

Inbreeding et Fertilité (variété « Fourrager Ver. »)

Génération	Nombre moyen de fleurs par inflorescence		Nombre moyen de graines par fleur	
	Nombre	% I_0	Nombre	% I_0
I_0	32,7	*100*	15,4	*100*
I_1	26,1	79,8	10,3	66,8
I_3	20,2	61,8	7,2	46,8

TABLEAU 15

Influence de l'inbreeding sur l'autopollinisation de fleurs et de boutons

a) Nombre moyen de fleurs et de boutons autopollinisés simultanément sur l'inflorescence principale

Génération	Inflorescence traitée				Inflorescence normale (Pollinisation libre)	
	Fleurs	Boutons	Total	% I_0	Nombre total de fleurs	% I_0
I_0	6,8	9,2	16,0	*100*	32,7	*100*
I_1	6,4	9,3	15,7	98,1	26,1	79,8
I_2	6,4	9,2	15,6	97,5	20,2	61,8

b) Nombre moyen de graines par fleur suivant les différents traitements.

Génération	Autopollinisation		Pollinisation libre (FL)	Rapport %		Évolution de	
	Fleur (FA)	Bouton (BA)		FA/FL	BA/FL	BA	FL
I_0	2,2	4,4	15,4	23,1	30,8	*100*	*100*
I_1	1,0	3,0	10,3	10,0	29,1	68,1	66,8
I_2	1,0	4,0	7,2	13,9	55,1	90,9	46,8

On peut en juger d'après les résultats obtenus au cours de trois autofécondations successives sur la variété *Fourrager Vert* (tabl. 14).

On conçoit les *conséquences de cet aspect de l'inbreeding pour la production de semences hybrides* F_1 à partir de lignées aussi sévèrement marquées par ce phénomène.

Mais on peut se demander en outre si celui-ci ne vient pas accroître les difficultés de *production des lignées inbred auto-incompatibles* elles-mêmes suivant la méthode que nous avons décrite précédemment. Cette méthode comprend en effet l'autopollinisation simultanée du maximum de fleurs (test d'auto-incompatibilité) et de boutons sur la même inflorescence ; on a donc intérêt, comme nous l'avons signalé, à travailler sur des inflorescences aussi florifères et sur des fleurs aussi fertiles que possible.

Les résultats enregistrés sur ces deux points pour la même variété *Fourrager Vert* sont résumés ci-dessus (tabl. 15).

Nous constatons que :

1°) malgré la réduction progressive de leur format, les inflorescences principales fournissent un matériel utilisable très constant (tabl. 20 *a*) ;

2°) l'autofertilité des boutons n'est pas non plus systématiquement influencée par la réduction de fertilité des fleurs en pollinisation libre (tabl. 20 *b*).

Néanmoins il convient de préciser que ces résultats ont été obtenus en faisant subir aux plantes « inbred » un élagage partiel des hampes florales non utilisées, ce qui probablement favorise les hampes traitées et diminue les risques de stérilité ; d'autre part l'autofertilité des boutons reste malgré tout fort limitée quelle que soit la génération considérée. On ne peut donc tirer de conclusions précises sur son évolution éventuelle en conditions plus favorables à la pleine réalisation du potentiel de fertilité de ces mêmes boutons.

La réduction de fertilité des plantes due à l'inbreeding ne constitue donc pas un obstacle à la réussite — dans les limites ci-dessus définies — de l'autopollinisation de boutons au champ ; mais certaines précautions, toujours conseillées, semblent ici indispensables : choix d'inflorescences principales, concentration de la sève sur les hampes autofécondées.

En conclusion, nous ne saurions sous-estimer les problèmes d'ordre matériel posés par la production des lignées inbred de choux fourragers ; en contre-partie l'inbreeding s'avère, ainsi qu'en témoigne la variabilité des lignées isolées, la base la plus sûre de tout travail d'amélioration.

II — LES MÉTHODES NE CONTRÔLANT PAS LA POLLINISATION

Les méthodes de sélection qui évitent le recours à l'inbreeding et utilisent systématiquement l'interpollinisation libre d'individus vigoureux — choisis d'après leur phénotype — sont, on le conçoit, de beaucoup les plus faciles à appliquer ; on conçoit aussi, dans l'état actuel de nos connaissances, qu'elles soient loin de présenter les meilleures garanties quant à leur efficacité.

La plus connue de ces méthodes, la plus simple aussi, est la *sélection massale.*

Diverses modifications peuvent lui être apportées, qui essayent d'améliorer les résultats et de pallier certains inconvénients de la sélection massale : telle la *sélection maternelle* que nous pratiquons et qui sera développée entre second lieu.

A — LA SÉLECTION MASSALE.

Dans sa définition la plus générale, la sélection massale consiste à choisir en culture des plantes correspondant aux désiderata du producteur, les laisser fructifier librement, puis utiliser en mélange les graines obtenues pour produire la génération suivante.

Il s'agit donc d'une sélection de phénotypes ayant cependant pour objectif d'augmenter la proportion de génotypes favorables dans la population. ALLARD (1960) note que la sélection massale conduit à une forme « d'appariement au hasard après sélection » ; c'est un système capable de changer la moyenne de la population sans en modifier toutefois de façon appréciable sa variabilité, son homozygotie, ni la corrélation génétique entre caractères étroitement liés.

L'efficacité de la sélection massale dépend donc de la nature des caractères considérés ; c'est vis-à-vis des caractères simples, facilement repérables et transmissibles qu'elle peut s'exercer le mieux, mais elle diminue au fur et à mesure qu'augmente leur complexité. Ainsi s'explique l'aptitude de cette méthode à créer des variétés à objectifs spéciaux ou à les modifier suffisamment pour les adapter à de nouvelles aires de culture, mais non à améliorer à la fois l'homogénéité et le rendement de variétés adaptées.

Toutes les espèces allogames ont tiré parti, dans le passé du moins, de la sélection ; c'est le cas notamment du Chou fourrager : nous avons déjà souligné le polymosphisme très accusé de cette espèce ainsi que les mérites incontestables de nombreuses variétés-populations (1957).

De graves imperfections n'en sont pas moins reprochées aux variétés de choux fourragers obtenus par sélection massale : les unes sont inhérentes au principe même de la méthode, les autres nous paraissent davantage imputables aux conditions dans lesquelles est conduite la sélection. L'analyse des opérations pratiquées permettra d'en juger le bien fondé.

1°) *Programme de travail*

La sélection massale telle qu'elle est pratiquée chez le Chou se schématise ainsi :

1°) *choix de plantes-mères* en culture (en nombre réduit ordinairement) ;

2°) *transplantation et isolement* des plantes-mères qu'on laisse s'interféconder librement ;

3°) *utilisation en mélange de la graine produite*

— soit directement en culture : c'est le cas des populations locales propres à chaque exploitant,

— soit en vue de multiplications ultérieures : c'est le cas des sélections effectuées à des fins commerciales.

Deux faits sont à retenir :

1°) la sélection des plantes-mères se repète dans le temps — le plus souvent chaque année — du moins en ce qui concerne les populations locales ;

2°) dans le cas des semences commerciales, le nombre de générations de multiplication n'est pas déterminé. Celui-ci dépend de l'importance des transactions, mais souvent aussi, de la fréquence des reprises en sélection de nouvelles plantes-mères. Dans les cas extrêmes, celle-ci n'étant plus pratiquée, le nombre de générations de multiplication tend à devenir illimité ; la semence provient alors systématiquement d'une des cultures de multiplication de l'année précédente. Le choix peut s'effectuer *a priori* lors des visites de ces cultures en cours de végétation ; il peut aussi s'effectuer *a posteriori* après étude comparative des descendances des divers lots de récolte, système qui nous paraît présenter davantage de garanties.

Une différence assez profonde existe donc entre les modes d'obtention des populations locales d'une part et des sélections commerciales de l'autre.

2°) *Critique de la méthode*

La sélection massale, qui a abouti au développement de variétés-populations d'intérêt certain, n'en présente pas moins, sous la forme ci-dessus, de graves inconvénients, tant au niveau des plantes-mères qu'au cours des multiplications suivantes.

a) *Au niveau des plantes-mères.*

En premier lieu, la méthode comporte un risque important : celui d'une évolution plus ou moins brutale, sous l'action du milieu et surtout des fluctuations climatiques annuelles de la population où seront choisies les plantes-mères.

Cette remarque se trouve illustrée dans le tableau ci-dessous (tabl. 16). Dans deux populations locales nous avons comparé le comportement de la descendance de deux groupes de plantes-mères, choisies en culture, dans la même exploitation à une année d'intervalle. Les résultats sont exprimés par rapport au témoin commun (*Fourrager Vert*) supposé stable, le même lot de semences ayant été utilisé dans les deux séries d'essais.

TABLEAU 16

Fluctuations des populations locales
(*Résultats en p. 100 de « Fourrager Vert »*)

Variété	Année de récolte des graines	Rendements		% Matière sèche		
		en vert	en sec	Feuille	Tige	Plante
Demi-Moellier	1957	105,2	103,1	94,6	102,7	97,5
	1958	93,4	83,6	93,7	88,1	89,6
Mille-têtes	1956	89,5	84,3	89,3	106,3	92,7
	1957	84,0	88,0	101,7	117,3	104,4

On constate essentiellement :

— *chez le Demi-Moellier :* une fluctuation marquée des rendements, due en grande partie à celle de la teneur en matière sèche de la tige, liée à sa constitution anatomique ;

— *chez le Mille-Têtes :* une fluctuation portant surtout sur les teneurs en matière sèche des divers organes (et aussi sur leur morphologie).

D'autre part, la simple sélection massale est inapte à identifier les génotypes supérieurs de ceux qui ne le sont pas : elle demeure essentiellement phénotypique.

Pour ces deux raisons, le choix des plantes mères, facteur déterminant de l'efficacité de la sélection, demeure très aléatoire.

b) *Au cours des multiplications successives.*

Dans le cas des semences commerciales, aux risques précédents s'ajoutent ceux qui relèvent de l'évolution du matériel au cours des multiplications successives.

L'absence de contrôle des multiplications peut entraîner dans les cas extrêmes des « accidents » tels que la génération commerciale peut ne ressembler que fort peu au standard de la variété ; dès lors tout contrôle précis de l'identité et de la pureté de la variété devient impossible. Deux cas de ce genre sont évoqués dans le tableau ci-dessous (tabl. 17).

TABLEAU 17

Variation annuelle de variétés commerciales
(Caractéristiques exprimées en p. 100 *de « Fourrager Vert »)*

Variété	Type	Rendements		Rapport Feuille/Plante entière	% Matière sèche		
		en vert	en sec		Feuille	Tige	Plante
Moellier	type normal	94,9	85,8	47,3	—	—	88,2
(Automne)	type 1956	91,3	90,4	*77,8*	—	—	*99,0*
Cavalier	type 1956	66,5	*63,8*		98,3	*98,3*	*98,3*
(Hiver)	type normal	85,0	99,2		109,7	132,0	116,6

Nota : Les résultats notoirement aberrants sont en italique.

On constate que le *Moellier* type 1956, est différent du type habituel, beaucoup plus feuillu notamment et plus riche en matière sèche ; son rendement utile est toutefois peu modifié.

Le *Cavalier,* type 1956, ne répond pas aux normes ; il ressemble au *Fourrager Vert* (Demi-Moellier à tronc court), bien qu'étant moins productif. Le type normal a une tige grêle et dure, donc riche en matière sèche.

Ces exemples montrent que la *sélection massale,* pour offrir un minimum de garantie sur le plan du *maintien des variétés,* requiert certaines précautions indispensables. Ce sont :

— l'isolement des cultures porte-graines,
— le choix d'un milieu climatique peu fluctuant,
— le contrôle des multiplications.

Ces conditions, pour indispensables qu'elles soient sont-elles suffisantes pour

assurer à la sélection massale le maximum d'efficacité ? Nous ne le pensons pas. En effet la sélection doit être continue, c'est-à-dire comporter une reprise régulière de plantes-mères en sélection, ce qui limitera le nombre des multiplications de la semence de base. Aussi convient-il de pallier dans la mesure du possible le premier risque d'évolution défavorable, celui qui se situe au niveau même des plantes-mères.

Quels sont dès lors les contrôles indispensables ou seulement souhaitables au cours des différentes phases de la sélection ? C'est ce que nous nous proposons d'établir en analysant la méthode de *sélection maternelle* que nous avons adoptée.

B — LA SÉLECTION MATERNELLE.

Le meilleur moyen de distinguer parmi les plantes-mères isolées celles dont la supériorité apparente est accidentelle et celles chez qui elle est génétique, est fourni, comme le note ALLARD (1960), par le *test de leurs descendances.*

Le matériel testé peut varier suivant son mode d'obtention : autofécondation, topcross, pollinisation libre. Le système le plus simple consiste à tester les descendances librement interpollinisées des plantes-mères isolées : C'est celui qui a été utilisé chez le Maïs dans la méthode de sélection dite de « l'épi-ligne ». C'est aussi celui que nous avons adopté pour le Chou fourrager.

Par ailleurs, certaines précautions sont prises dans le choix des plantes-mères à chaque génération, afin notamment d'éviter une consanguinité excessive ; elles sont complétées par l'examen comparatif des différentes « générations » de sélection massale.

Enfin, nous cherchons à réaliser des conditions optimales d'interpollinisation, notamment au niveau des plantes-mères en testant l'auto-incompatibilité de celles-ci.

Notre méthode se caractérise donc par le double contrôle des plantes-mères et de leurs descendances. Nous en exposerons le programme de travail avant d'en faire la critique à l'aide des résultats obtenus.

1°) *Programme de travail*

Celui-ci est schématisé dans la figure 14.
Nous en analyserons les différentes phases :

1) *Choix des plantes-mères dans la ou les populations de départ.*

Ce choix est effectué à l'œil en tenant compte de la vigueur mais aussi d'un type morphologique déterminé. On évitera *a priori* les plantes « phénomènes » qui ont toutes chances d'être des hybrides naturels.

Un premier choix de plantes intéressantes a lieu très tôt, mais le choix définitif ne se fait qu'à l'époque normale d'utilisation de la variété : les plantes-mères seront ainsi d'un type intéressant au double point de vue vigueur et persistance (ce terme englobant la résistance au froid pour les variétés d'hiver).

2) *Transplantation des plantes-mères en conditions d'isolement sévères.*

Plantation à grand écartement afin d'assurer un coefficient de multiplication aussi élevé que possible.

3) *Contrôle des plantes-mères.*

Il porte :

— *à la floraison*

— *sur la précocité* : élimination des plantes s'écartant de la précocité moyenne,

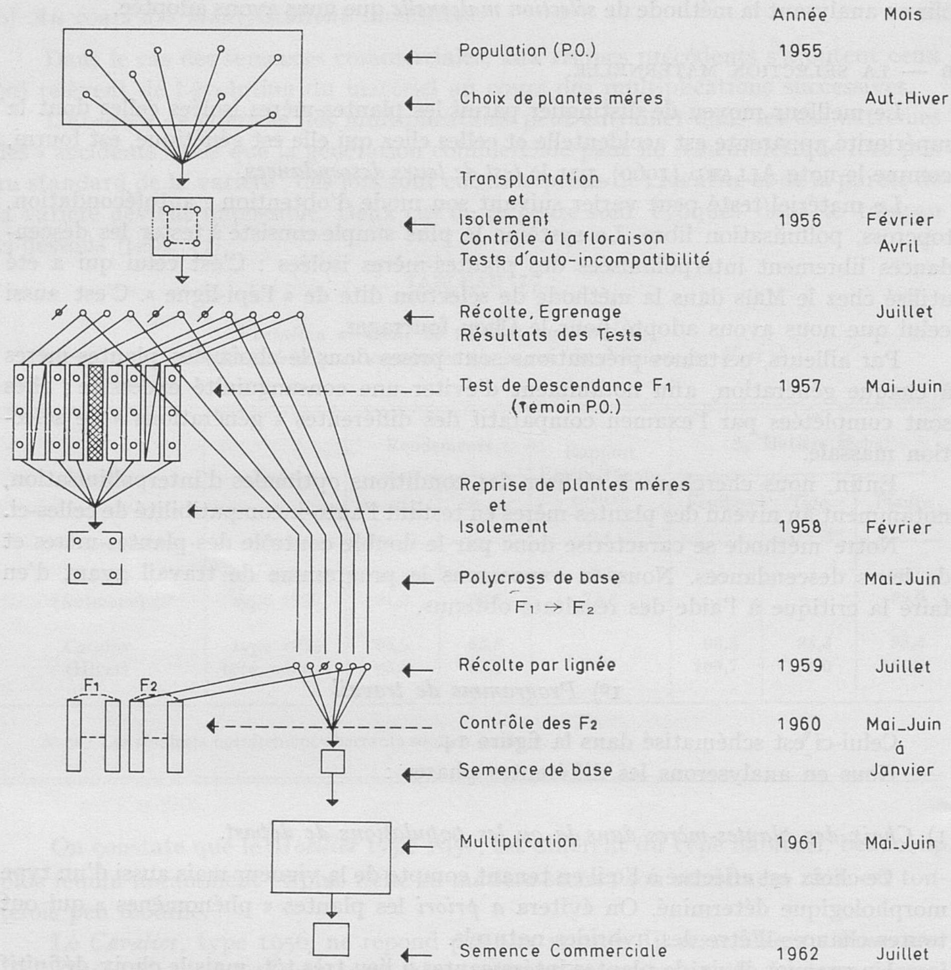


FIG. 14. — *Sélection maternelle appliquée au Chou fourrager.*

— *sur l'auto-incompatibilité* — test d'auto-incompatibilité et test complémentaire d'allogamie,

— *avant la récolte*

— sur la précocité de maturation.

4) *Récolte des plantes-mères.*

On prélève d'abord les inflorescences utilisées pour les tests (inflorescences traitées et témoins).

Récolte et égrenage du produit de la pollinisation libre sont ensuite effectués séparément pour chacune des plantes-mères de façon à conserver l'individualité de ces dernières.

5) *Obtention des résultats des tests d'auto-incompatibilité.*

Il est procédé aux diverses opérations décrites précédemment tant en ce qui concerne le test d'autofertilité proprement dit que le test d'allogamie.

Les plantes-mères, pour être conservées, doivent satisfaire aux conditions suivantes :

Autofertilité (FA) = Nombre de graines par fleur autopollinisée.

FA < 1 avec FA/FX ou FA/FL < 10 p. 100.

Taux d'autofécondation en FX : < 5 p. 100.

6) *Tests maternels de descendance.*

Les descendances issues des plantes-mères non éliminées jusqu'alors font, l'année suivante, l'objet d'un *essai comparatif* où la population de départ (P. O.) figure comme témoin. On effectue dans cet essai :

— le contrôle en végétation du type morphologique, de l'homogénéité, et aussi de l'état sanitaire.

— l'élévaluation des rendements en fourrage frais et sec, complétée par l'appréciation sur échantillons des caractères les plus importants : rapport tige/feuille, teneur en matière sèche des divers organes, hauteur des tiges, etc...

7) *Polycross de base.*

Réalisé dans un milieu approprié à la variété, et naturellement en conditions d'isolement suffisantes (plus de cinq cents mètres de toute autre culture de choux), il est constitué par les descendances F_1 retenues.

Le dispositif adopté est celui du *polycross-ligne :* chaque descendance occupe une seule ligne et doit voisiner un même nombre de fois avec toutes les autres ; le nombre de base des répétitions est donc déterminé par celui des descendances.

Les plantes sont cultivées à grand écartement (repiquage), ce qui assure un coefficient très élevé de multiplication et permet le contrôle non seulement des diverses descendances prises dans leur ensemble, mais aussi des individus qui les composent.

A la récolte, l'individualité des descendances est conservée ; on mélange seulement les différentes répétitions de chacune d'entre elles.

8) *Contrôle du polycross de base* (contrôle des F_2).

Il a lieu sous la forme d'un essai comparatif, les descendances F_1, servant de témoins. La récolte séparée des F_2 rend possible le contrôle individuel de leurs descendances respectives et assure donc davantage d'efficacité à l'opération.

9) *Multiplication de la semence de base.*

La semence de base constituée par le mélange des F_2 issues du polycross précédent est multipliée dans des conditions d'isolement et autant que possible — de milieu — identiques à celles du polycross de base. Une seule multiplication peut suffire grâce à l'accroissement considérable du matériel à chacune des générations successives.

10) *Reprise en sélection.*

La fourniture continue de semences de base est assurée par la reprise à intervalles réguliers de plantes-mères dans les descendances F_1 conservées. L'origine première de ces descendances est soigneusement notée, ce qui permet de choisir un nouveau matériel de départ dans les descendances sans parenté maternelle.

2°) *Critique de la méthode*

Cette méthode de sélection maternelle a été envisagée pour quatre variétés correspondant à des types nettement différenciés tant du point de vue morphologique que de leurs aptitudes culturales : *Moellier, Fourrager Vert* (Demi-Moellier), *Caulet* (Cavalier Rouge), *Mille-Têtes Anglais*. Seules les trois premières ont été soumises jusqu'ici à la presque totalité des phases ci-dessus évoquées ; toutes quatre ont été régulièrement suivies c'est-à-dire ont fait l'objet d'une reprise fréquente — souvent annuelle — de plantes-mères dans les meilleures descendances sans parenté maternelle.

Les résultats déjà obtenus nous permettent de faire l'analyse critique de la méthode sur trois points précis, l'un d'intérêt surtout spéculatif, les deux autres beaucoup plus importants dans leur application immédiate :

— auto-incompatibilité,
— résistance au froid,
— productivité et rendement.

a) *Auto-incompatibilité.*

Pour les variétés *Moellier, Fourrager Vert* et *Mille-Têtes*, soumises au test complet d'auto-incompatibilité, (autofertilité et allogamie), nous avons rassemblé, dans le tableau ci-dessous les données moyennes concernant l'évolution de l'auto-incompatibilité des plantes-mères, au cours des reprises successives en sélection (tabl. 18).

On constate, comparativement au matériel de départ :

— une progression de l'auto-incompatibilité proprement dite (FA), sans variation sensible de l'autofertilité des boutons pollinisés (BA) ;

— corrélativement, une regression du taux d'autogamie après apport du mélange d'auto — et d'allopollen (FX) ;

En ce qui concerne la conduite des tests, et partant, leurs résultats nous, rappellerons les remarques précédemment formulées :

— l'autofertilité peut être sous-estimée,

— le taux d'autogamie réel l'est sans doute, quoique dans les limites assez faibles,

— enfin la discordance est assez fréquente entre pollinisation libre (FL) et pollinisation mixte avec intervention manuelle (FX), qui devraient en principe pouvoir être utilisées indifféremment comme traitements témoins ; mais elle ne peut avoir d'inconvénients que dans des cas litigieux si, comme en 1960, la pollinisation mixte (FX) l'emporte systématiquement.

TABLEAU 18

Sélection maternelle
Évolution de l'auto-incompatibilité des plantes-mères

Variété	Année	Nombre de plantes-mères	Nombre moyen de graines par fleur ([1])			Taux d'autofécondation en FX			
						Taux moyen	Répartition des plantes-mères suivant les taux		
			FA	FX	FA/FX (%)		0	0-5	> 5
Moellier	1958	18	0,9	4,9	18,4	8,2	8	2	8
	1959	24	0,7	14,3	4,9	3,7	16	3	5
	1960	16	0,2	17,2	11,6	0,3	15	1	0
Fourrager Vert	1956	18	3,8	12,0	31,7	12,6	8	3	7
	1958	15	—	—		5,8	6	3	6
	1959	21	1,1	10,6	10,4	0,5	19	1	1
	1960	18	0,1	13,2	0,8	0,9	16	1	1
Mille-Têtes Anglais	1957	7	0,9	8,8	10,2	1,8	5	1	1
	1959	20	0,1	7,3	1,4	0,5	16	4	0
	1960	13	0,1	11,8	0,8	0,5	9	4	0

([1]) *Rappel des symboles*
FA : Autopollinisation.
FX : Pollinisation avec mélange d'auto- et d'allopollen.
FL : Pollinisation libre entomophile.

Le test d'auto-incompatibilité des plantes-mères est-il indispensable ? Il est souhaitable certes de n'utiliser comme matériel de départ que des individus auto-incompatibles ; un taux élevé d'interpollinisation se trouve ainsi garanti. Mais le mode d'appariement entre plantes-mères ne s'en trouve pas modifié pour autant, ce qui ne donne guère d'efficacité à l'opération. C'est pourquoi nous accordons une importance beaucoup plus grande aux tests « *a posteriori* », en particulier aux tests maternels de descendances.

b) *Résistance au froid.*

Nous avons signalé dans un précédent mémoire (1957) l'existence d'un parallélisme entre résistance au froid et teneur en matière sèche des différents organes de la plante. Cette constation faite à la suite de l'hiver 1955-56 s'est trouvée confirmée

au cours de l'hiver 1959-60 au cours duquel le froid, moins brutal et plus précoce (mi-janvier) s'est montré beaucoup plus sélectif.

L'influence de nos travaux de sélection sur le facteur *résistance* au froid se trouve illustré dans le tableau ci-après (tabl. 19) où figurent :

— d'une part le classement des principaux types de choux dans nos essais,

— d'autre part le comportement des descendances de plantes-mères sélectionnées dans chaque catégorie.

TABLEAU 19

Résistance au froid

I — Résistance au froid et teneur en matière sèche
(Essais comparatifs de variétés)

Variétés	Dégats froid		Teneur en matière sèche			Date récolte correspondante
	Plantes tuées %	Dégats Foliaires Note/5 (1)	Tige	Feuille	Plante	
Moellier	68,8	3	9,7	9,3	9,5	4 janvier
Demi-Moellier	58,3	3,5	10,4	9,1	9,5	4 janvier
Demi-Moellier (plantes restantes)			14,0	11,0	13,5	23 février
Branchu du Poitou	36,4	3	12,2	10,0	10,9	4 janvier
Bronchu du Poitou (plantes restantes)			13,5	13,5	13,5	23 février
Mille-Tête Anglais	17,3	2	15,0	14,0	14,3	23 février
Caulet	0	0,5	17,4	15,0	15,7	23 février

(1) Échelle de notation : 0 pas de dégâts ; 5 feuillage entièrement détruit.

II — Sélection et résistance au froid
(Tests maternels de descendances 1959-60)

Variété	Époque normale d'exploitation	% Plantes tuées		
		Population d'origine ou témoin	Descendances testées	
			Ensemble	lignées conservées
Moellier	Automne	66,6	64,6	63,2
Fourrager Vert	Automne	41,0	44,4	38,2
Mille-têtes Anglais	Hiver	17,7	20,4	12,2
Caulet	Hiver	8,3	2,3	1,3

On constate que la sélection pour la résistance au froid chez les variétés d'automne à grand rendement, notamment celles à caractère moellier marqué (variétés sensibles) est peu efficace ; la raison fondamentale doit en être cherchée dans la liaison entre type

de plante et résistance au froid. Un exemple nous est donné dans la première partie du tableau par le *Demi-Moellier* et le *Branchu du Poitou :* chez les plantes résistantes (récolte du 23 février), la constitution des tiges et des feuilles, estimée d'après leur teneur en matière sèche, est différente de celle correspondant à l'ensemble de la population (récolte du 4 janvier).

Il en est tout autrement pour les types « hiver » — *Mille-Têtes Anglais* et surtout *Caulet* — dont la résistance au froid constitue justement un objectif primordial de sélection.

c) *Productivité et rendement.*

Les résultats obtenus dans ce domaine diffèrent suivant la variabilité du matériel de départ, donc du caractère plus ou moins étroit de la sélection déjà appliquée.

Nous distinguerons donc deux cas :

— Sélection à partir d'individus prélevés dans diverses variétés commerciales.

— Sélection à partir d'une seule population locale.

1º) *Sélection à partir de variétés commerciales.* — Ce cas s'est présenté pour deux variétés :

— *Mille-Têtes Anglais* (M. T. A.) — plusieurs origines — semences importées de Grande-Bretagne.

TABLEAU 20

Sélection maternelle à partir de variétés commerciales
Évolution des rendements (M. S./ha)
(Tests de descendances F_1)

	Mille-Têtes Anglais		*Caulet (Cavalier rouge)*				
Année d'isolement des plantes-mères	1957	1960	1956			1959	1960
Nombre de sélections (¹)	1	2	1			2	2
Année d'étude	1958	1961	1958	1959	1961	1961	1961
Rendements (²)							
Témoin	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Ensemble des F_1 — min	90,0	102,7	87,0	124,0		106,0	113,0
Ensemble des F_1 — max	124,6	130,7	110,5	138,0		135,5	136,0
Ensemble des F_1 — moy	105,6	111,3	98,1	131,2		120,0	124,2
F_1 conservées, moy	*111,7*	*118,8*	*104,1*	*131,2*	*117,3*	*120,0*	*125,0*

Observations :

(¹) *Nombre de sélections :* nombre de générations de sélection maternelle.

(²) *Rendements :* Témoin : variété commerciale.

Indices des rendements des F_1 :

— min. : descendance la moins productive.

— max. : descendance la plus productive.

— moy. : moyenne générale des descendances.

— *Caulet de Flandres* — plusieurs origines commerciales françaises — sélection d'individus effectuée au cours de l'hiver très rigoureux 1955-56.

Dans le tableau 20 sont résumés les résultats des tests maternels de descendances.

On remarque pour les deux variétés :

— une très grande variabilité entre les descendances testées,

— une augmentation sensible du rendement — en même temps que de l'homogénéité — de la population à l'issue de deux « générations » de sélection.

Le cas du *Caulet* mérite de retenir particulièrement l'attention. Sélectionné avant tout pour la résistance au froid (cf. tableau 19), c'est en 1959-60, année à hiver rigoureux, que les descendances testées ont manifesté le maximum de supériorité : leur productivité intrinsèque n'est alors pas en cause mais justement leur résistance au froid.

2) *Sélection à partir d'une population locale.* — Le matériel de départ est alors tout à fait différent puisque la population a été choisie, après essai comparatif, de préférence à de nombreuses autres, en raison de sa valeur culturale. Il s'agit donc à priori d'un matériel ayant fait l'objet d'une sélection massale continue (reprise annuelle en sélection d'un petit nombre de plantes-mères par l'exploitant) ; il est vraisemblable aussi que nous avons profité d'une « très bonne » semence de départ

TABLEAU 21

Sélection maternelle à partir d'une population
Évolution des rendements

	Moellier			*Fourrager Vert*			
Rendement de la population d'origine	*100*			*100*			
Autres populations de même type	80 à 96			70 à 95			
Descendances testées							
Année d'isolement des plantes-mères	1958	1959	1960	1956	1958	1959	1960
Nombre de sélections (¹)	2	2	3	1	2	2	3
Rendements							
F_1 ensemble-moy	—	103,3	102,6	—	—	93,7	96,0
F_1 *conservées*-moy	*101,2*	*103,8*	*102,6*	*102,0*	*94,6*	*96,0*	*102,9*
F_1 (polycross)	98,7			97,0	96,5		

Observations :
(¹) *Nombre de sélections :* nombre de générations de sélection maternelle.

l'année où celle-ci nous a été procurée, car de telles populations ne sont pas, plus que les autres, à l'abri de toute évolution.

Deux variétés, actuellement en cours de multiplication, ont été sélectionnées dans ces conditions : *Moellier* et *Fourrager Vert.*

Le tableau 21 rend compte, du point de vue rendement, tant de la valeur de la population d'origine que des sélections qui y ont été effectuées par nos soins De ce tableau nous retiendrons deux faits :

— la sélection maternelle n'a pas augmenté la productivité de la population de départ.

— les premiers tests concernant les polycross destinés à produire la semence de base ne témoignent d'aucune évolution sensible du matériel.

Ces exemples illustrent les limites d'efficacité de la sélection maternelle et — *a fortioti* — de la simple sélection massale.

Ces méthodes sont efficaces si l'hérédité du caractère est simple ; c'est le cas de certains caractères morphologiques et aussi physiologiques, notamment ceux sur lesquels l'action naturelle du milieu est immédiate : tel est le facteur résistance au froid dans nos sélections de *Caulet.*

Il en est tout autrement pour les caractères génétiques complexes, tels ceux qui déterminent le *rendement.* Sans doute la sélection maternelle peut-elle pallier quelques uns des inconvénients majeurs de la simple sélection massale, mais non le principal d'entre eux qui est *l'absence de contrôle de la pollinisation.*

La preuve en est fournie par nos travaux de sélection maternelle à partir des populations locales. Cette méthode permet au mieux la conservation et l'extension des meilleures d'entre elles hors des limites d'une exploitation. Ces résultats ne sont d'ailleurs pas négligeables dans l'immédiat. Ne pourraient-ils pas être obtenus de façon plus simple ? Comme nous l'avons vu le test d'auto-incompatibilité des plantes-mères peut être supprimé. Le recours à la multiplication végétative permettrait en outre de s'affranchir du lourd travail que constitue la reprise continue des plantes-mères dans la mesure où l'objectif est le maintien de la variété (sélection conservatrice).

III — LES MÉTHODES CONTROLANT LA POLLINISATION

Leur principe commun est d'exploiter au maximum, par hybridation systématique de génotypes déterminés, choisis en fonction de leur aptitude à la combinaison naison, l'hétérosis potentiel des populations allogames. De nombreux auteurs ont établi l'existence de ce phénomène chez les différentes sous-espèces de *Brassica oleracea* et le parti qu'on pouvait en tirer. Dès 1932 PEARSON suggérait pour le Chou pommé, sous le nom de « croisement » une méthode qui aboutit à la création *d'hybrides simples* méthode idéale dans sa conception chez toutes les plantes allogames ne supportant pas l'autofécondation. Il en est dérivé, on le sait, la méthode du *croisement double* utilisée avec succès chez le Maïs ; la création d'*hybrides doubles* n'est envisagée que depuis une dizaine d'années pour les types potagers de choux, plus récemment encore pour le Chou fourrager. Outre ces deux types dits de « varié-

tés hybrides » reposant sur un contrôle total de la pollinisation, nous citerons la *variété synthétique*, formule non encore utilisée. chez le Chou, à notre connaissance, mais très répandue chez de nombreuses espèces fourragères.

A — L'HYBRIDE SIMPLE.

Le terme d'*hybride simple* désigne la descendance F_1 du croisement de deux lignées « inbred ». Le croisement simple est la première méthode contrôlant la pollinisation qui ait été envisagée pour le Chou — en l'occurence le Chou pommé (*Br. oleracea capitata* L.) — par PEARSON en 1932, comme elle l'avait été auparavant pour le Maïs par SHULL en 1909.

La méthode de production de l'*hybride simple* conçu par PEARSON se schématise comme suit :

1°) *Obtention de lignées* par autopollinisation de boutons et sélection pendant 3 ou 4 générations, l'uniformité étant généralement satisfaisante à la I_4.

Conservation ultérieure des lignées par autopollinisation de boutons.

2°) *Test des lignées,* d'une part pour leur auto-incompatibilité, d'autre part pour leur intercompatibilité. Les tests sont réalisés par pollinisations réciproques respectivement entre individus de la même lignée, ou entre individus appartenant à des lignées différentes. Ils permettent en même temps de déceler les homozygotes pour les allèles d'incompatibilité. Dans l'un et l'autre cas, les pollinisations peuvent s'effectuer à la main sur 15 ou 20 fleurs ouvertes au minimum. Pour les tests d'intercompatibilité on peut utiliser aussi, plus simplement, la « méthode alternative » qui consiste à isoler ensemble plusieurs individus de deux lignées de sorte qu'ils s'interpollinisent librement.

3°) *Jugement des types issus de pollinisations compatibles entre lignées.* — Cette opération s'imposait dans le programme de PEARSON, la forme de la pomme était un objectif important de sélection.

4°) *Tests d'aptitude à la combinaison* par semis en lignes alternées de la descendance de chacune des lignées autofécondées ; il s'agit donc ici d'un test d'aptitude générale à la combinaison.

5° *Production de semences commerciales* par la culture en lignes alternées des 2 lignées ayant fait preuve de la meilleure aptitude à la combinaison.

Compte tenu de l'époque à laquelle il a été établi, ce programme de travail apparaît en quelque sorte révolutionnaire par rapport aux méthodes habituelles de sélection chez toutes les sous-espèces de *Brassica oleracea*. Nous lui adresserons cependant deux critiques :

1°) *Tests de valeur en combinaison.*

La méthode de PEARSON ne comprend qu'un seul test — d'ailleurs tardif — d'aptitude générale à la combinaison, complété il est vrai par le jugement des types issus de croisements diallèles.

Comme nous le verrons plus loin à propos de l'hybride double, deux séries de tests devraient être envisagées :

— *un test d'aptitude générale à la combinaison,* plus ou moins précoce portant sur le plus grand nombre possible de lignées, plus facile à réaliser sous la forme top-cross que sous la forme envisagée par PEARSON ;

— *un test tardif d'aptitude particulière à la combinaison*, de préférence sous forme de croisements diallèles, seul capable de détecter les meilleures combinaisons entre lignées ayant fait preuve d'une bonne aptitude générale à la combinaison.

2°) *Détection des homozygotes pour les allèles d'incompatibilité dans les lignées inbred.*

Le principe du test énoncé par PEARSON bien avant que soit connu le système d'incompatibilité chez *Brassica oleracea* L., reste valable aujourd'hui. Mais sa réalisation est souvent fort complexe, surtout s'il s'agit de détecter les homozygotes dans les lignées renfermant un mélange d'homozygotes et d'hétérozygotes et non pas seulement d'éliminer en bloc toutes ces dernières pour ne conserver que les seules lignées homozygotes.

Nous examinerons également en détail cette question à propos de l'hybride double, formule mieux appropriée, semble-t-il, au Chou fourrager que l'hybride simple.

En effet une critique fondamentale d'ordre économique peut être formulée à l'égard de l'hybride simple : comme chez le Maïs, la semence F_1 récoltée sur des lignées inbred, donc peu productives, sera d'un prix élevé. De plus, chez le Chou, on doit tenir compte des effets de l'inbreeding sur la résistance aux adversités : pour certaines variétés au moins, la réussite des cultures destinées à produire cette semence sera aléatoire sans précautions spéciales. Enfin le mode d'obtention des lignées — autopollinisation des boutons — ne permet, en pratique, qu'une production limitée de graines. Aussi la fabrication d'un hybride simple ne saurait-elle être envisagée sur une grande échelle.

C'est pourquoi nous pensons que cette méthode, peut-être applicable aux variétés potagères, ne l'est vraisemblablement pas au Chou fourrager.

Le principe de l'hybride simple n'est cependant pas condamnable au contraire. N'utilisant que 2 lignées, l'hybride simple permet de réaliser intégralement et sans phase intermédiaire la meilleure combinaison révélée par le test « diallèle » ; dans la mesure où les deux lignées sont strictement auto-incompatibles et donnent 100 % de croisement en interpollinisation libre, une homogénéité quasi-parfaite est assurée. L'hybride simple apparaît dès lors comme la formule susceptible de combiner au maximum homogénéité et vigueur.

PEARSON en a d'ailleurs très bien apprécié l'intérêt. « On doit s'attendre, notait-il, à des niveaux très divers dans le degré d'hétérosis de l'hybride obtenu suivant les relations de parenté entre les lignées de base ; en particulier une variété nouvelle et originale peut être présentée par un sélectionneur en combinant deux types très différents, car l'hybride, ordinairement intermédiaire, est uniforme et vigoureux. »

Cette dernière remarque apporte un excellent argument d'ordre commercial en faveur de la variété hybride simple, plus facile en outre à produire que les autres types d'hybrides synthétiques.

B. L'HYBRIDE DOUBLE.

C'est encore au Maïs qu'on doit la conception et la mise au point de la *variété hybride double*. La production d'hybrides simples s'avérant une méthode non économique malgré son intérêt, on a cherché aussitôt à pallier cet inconvénient tout en

conservant le principe de la variété hybride. Dès 1918 D. F. JONES imagina l'*hybride double ;* nul n'ignore aujourd'hui les conséquences de cette découverte pour l'amélioration du Maïs ; la morphologie florale de cette plante n'a d'ailleurs pas été étrangère au succès rapide de cette méthode de sélection.

1°) *Définition*

Le terme d'*hybride double* désigne la F1 du croisement entre deux hybrides simples ; sa fabrication se fait en deux étapes, la première visant à l'obtention des deux hybrides simples, la seconde à l'obtention de l'hybride double par interpollinisation des deux hybrides simples.

Chez le Maïs, il suffit de castrer un des hybrides simples sur lequel sera récoltée la semence hybride double comme on l'avait fait sur une des lignées inbred dans chacun des deux croisements simples.

Le problème est plus complexe chez le Chou, puisque doivent intervenir les relations de compatibilité à la fois à l'intérieur des quatre lignées de base et entre ces mêmes lignées. Chez le Chou les deux hybrides simples, comme les lignées qui les composent, doivent être auto-incompatibles mais intercompatibles ; les quatre lignées de base doivent donc être homozygotes pour 4 allèles différents d'incompatibilité, c'est-à-dire être respectivement de type S_1, S_1, S_2S_2, S_3S_3, S_4S_4.

La combinaison deux à deux de ces lignées donnera par exemple les 2 hybrides simples suivants :

1° $S_1S_1 \times S_2S_2 \rightarrow S_1S_2$;

2° $S_3S_3 \times S_4S_4 \rightarrow S_3S_4$.

L'interpollinisation des deux hybrides simples auto-incompatibles produira l'hybride double :

$S_1S_2 \times S_3S_4 \rightarrow S_1S_3 + S_1S_4 + S_2S_3 + S_2S_4$.

C'est en 1950 qu'à notre connaissance a été envisagée pour la première fois l'application au *Brassica oleracea* L. de la méthode d'hybride double ainsi définie. ODLAND et NOLL (1950) décrivent en effet à cette date, pour le Chou pommé (*Brassica oleracea capitata* L., une méthode aboutissant au schéma ci-dessus. Celui-ci ne semble pas cependant correspondre en tous points à la conception classique de l'hybride double.

a) *L'hybride double d'*ODLAND *et* NOLL.

Le programme de travail d'ODLAND et NOLL, dont nous donnons ci-contre la représentation schématique (fig. 15), présente les phases suivantes :

1°) Choix minutieux des plantes-mères dans les deux variétés de départ avec, si possible, tests d'aptitude à la combinaison ;

2°) sélection des lignées dans chaque variété de départ :

— sélection continue par autopollinisation de boutons avec tests périodiques d'aptitude à la combinaison ;

— détection des allèles de compatibilité dans les lignées par tests parallèles d'autopollinisation et d'interpollinisation ; ceux-ci sont effectués d'une part entre lignées issues de la même variété, et d'autre part entre lignées d'origine différente.

3°) Multiplication végétative des 4 lignées inbred ainsi détectées.

4°) Obtention des deux hybrides simples S_4S_3 et S_2S_1 qu'ODLAND et NOLL appellent « Lignées X et Y ».

5°) Obtention de la semence hybride F_1 par plantation en lignes alternées des deux « lignées X et Y » auto-incompatibles mais intercompatibles.

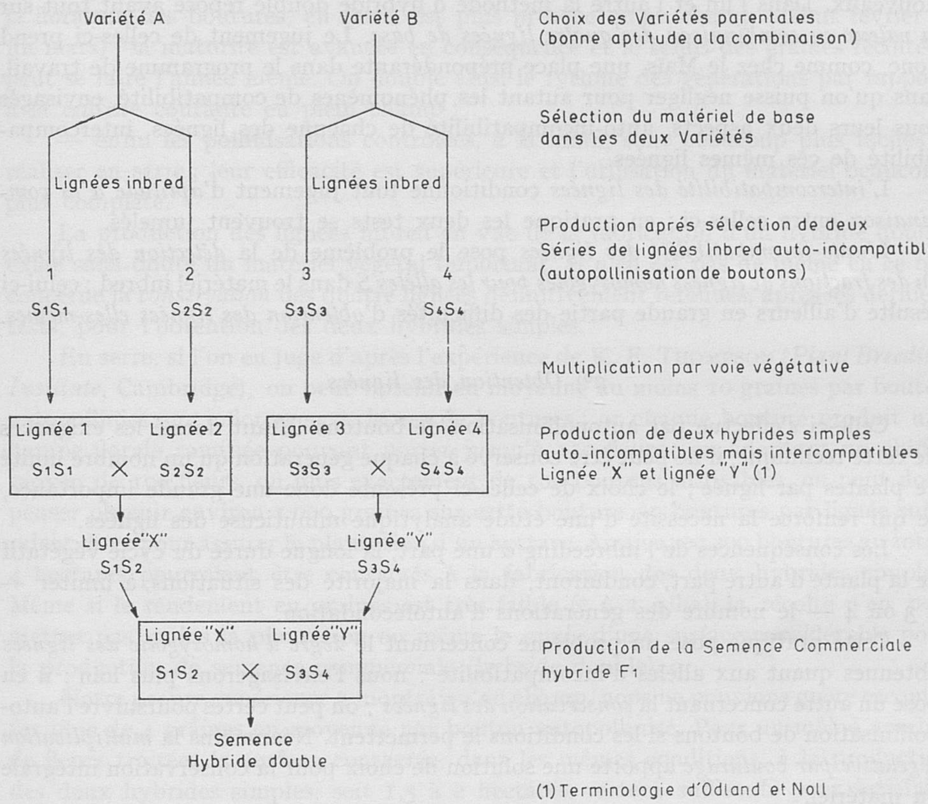


FIG. 15. — *Méthode de production de semence hybride F_1 proposée par* ODLAND *et* NOLL (d'après CURRENCE).

CURRENCE et ses collaborateurs (1954) ont commenté en détail cette méthode et ont fait remarquer notamment que ses auteurs n'indiquent pas clairement la raison pour laquelle ils préconisent un croisement double plutôt qu'un croisement simple. Nous pensons surtout que des précisions devraient être apportées concernant la constitution des deux hybrides simples appelés « lignées X et Y » par les auteurs.

L'hybride double ne s'impose en effet que si chacun des deux hybrides simples est plus vigoureux que les deux lignées inbred entrant dans sa constitution, c'est-à-dire si ces dernières diffèrent par d'autres allèles que les seuls allèles d'incompatibilité.

Dans le cas contraire les problèmes d'ordre économique posés par la production de la semence hybride ne seraient pas tous résolus pour autant.

b) *La conception classique de l'hybride double.*

Celle-ci ne préjuge pas de l'origine des qualitre lignées de base. On peut en effet concevoir différents « modèles » d'hybride double suivant qu'on utilise des lignées de même type ou de type différent ; dans le premier cas on visera surtout à une amélioration des types existants, dans le second on cherchera plutôt à créer des types nouveaux. Dans l'un et l'autre la méthode d'hybride double repose avant tout sur *la valeur en combinaison des quatre lignées de base.* Le jugement de celles-ci prend donc, comme chez le Maïs, une place prépondérante dans le programme de travail, sans qu'on puisse négliger pour autant les phénomènes de compatibilité, envisagés sous leurs deux aspects, auto-incompatibilité de chacune des lignées, intercompatibilité de ces mêmes lignées.

L'*intercompatibilité des lignées* conditionne tout jugement d'*aptitude à la combinaison* entre celles-ci ; en pratique les deux tests se trouvent jumelés.

L'*auto-incompatibilité des lignées* pose le problème de la *détection des lignées ou des fractions de lignées homozygotes pour les allèles S* dans le matériel inbred ; celui-ci résulte d'ailleurs en grande partie des difficultés d'*obtention des lignées elles-mêmes.*

2°) *Obtention des lignées*

Celle-ci s'effectue par autopollinisation de boutons. Étant donné les exigences de cette technique, il ne peut être conservé à chaque génération qu'un nombre limité de plantes par lignée ; le choix de celles-ci présente donc une grande importance, ce qui renforce la nécessité d'une étude analytique minutieuse des lignées.

Les conséquences de l'inbreeding d'une part, la longue durée du cycle végétatif de la plante d'autre part, conduiront, dans la majorité des situations, à limiter — à 3 ou 4 — le nombre des générations d'autofécondation.

Cette pratique pose un problème concernant le *degré d'homozygotie des lignées* obtenues quant aux allèles d'incompatibilité : nous l'envisagerons plus loin ; il en pose un autre concernant la *conservation des lignées ;* on peut certes poursuivre l'autopollinisation de boutons si les conditions le permettent. Néanmoins la *multiplication végétative par bouturage* apporte une solution de choix pour la conservation intégrale du matériel.

Ce même procédé — complété par l'usage de *serres* — constitue d'ailleurs un auxiliaire utile dans la réalisation du programme de travail visant à la production des variétés hybrides de Chou.

En effet l'emploi du bouturage peut être avantageusement étendu à toutes les les générations d'autofécondation ; l'exemple des travaux réalisés dans certaines Stations de Recherches étrangères et notamment au *Plant Breeding Institute* de Cambridge, par K. F. Thompson, est significatif à cet égard.

Le bouturage peut porter sur différents organes et être effectué à différentes époques ou plus exactement à différents stades physiologiques de la plante-mère suivant l'objectif recherché : conservation de la plante dans sa phase végétative ou production de hampes florales.

Effectué après l'induction de la montée mais avant les froids destructeurs, c'est-à-dire en novembre ou décembre suivant les types ou leur précocité, il présente les avantages suivants :

— il libère le reste de la plante, c'est-à-dire la presque intégralité de la masse

végétale : elle peut alors être récoltée et faire l'objet des diverses analyses utiles au jugement de nombreux caractères ;

— il réduit considérablement l'encombrement du matériel ; des milliers de boutures peuvent être entreposées dans une serre normale ; grâce à cette dernière le problème de l'hivernage se trouve résolu pour les variétés peu rustiques ;

— il peut diminuer de moitié la durée de la phase d'obtention des lignées ; la floraison des boutures, en serre, est plus précoce qu'au champ (début février à fin mars) ; la maturité est avancée en conséquence et le semis des graines récoltées peut se faire l'année même. On double ainsi le rythme des générations par rapport à la culture courante en plein champ ;

— enfin les pollinisations contrôlées, à la main, sont beaucoup plus faciles à réaliser en serre ; leur efficacité est supérieure et l'utilisation du matériel beaucoup plus complète.

La production des lignées inbred en vue de la fabrication d'un hybride double exige sans doute un matériel végétal important. Il n'en est pas de même en ce qui concerne la *conservation* des quatre lignées définitivement retenues, après les derniers tests, pour l'obtention des deux hybrides simples.

En serre, si l'on en juge d'après l'expérience de K. F. Thompson (*Plant Breeding Institute*, Cambridge), on peut obtenir en moyenne au moins 10 graines par bouton autopollinisé sur inflorescences issues de boutures ; or chaque bouture produit une hampe florale ramifiée pouvant porter jusqu'à 150 fleurs ; en adoptant un chiffre moyen de 100 fleurs, ou plus exactement de 100 boutons utilisables, on peut donc penser obtenir environ 1 000 graines sur cette bouture. 50 boutures par lignée suffiraient donc pour assurer la plantation d'un hectare. Ainsi, avec 200 boutures au total, 4 hectares pourraient être consacrés à la fabrication des deux hybrides simples. Même si le rendement en graines est très faible (1 à 2 q/ha) la récolte n'en permettra pas moins la plantation ou même le semis d'une surface considérable pour la production de semence commerciale (hybride double).

Notre propre expérience a montré qu'au champ, nous ne pouvions guère escompter plus de 4 graines en moyenne par bouton autopollinisé. Pour un même nombre de fleurs traitées la surface consacrée, dans les mêmes conditions, à la production des deux hybrides simples, soit 1,5 à 2 hectares, restera suffisants pour satisfaire des besoins moyens.

Ainsi qu'on le voit la conservation des quatre lignées de base d'un hybride double ne soulève guère de difficultés dans tout établissement pourvu d'un minimum d'équipement.

3°) *Jugement de la valeur en combinaison des lignées*

C'est une opération capitale dans la fabrication de l'hybride double. Les travaux effectués chez le Maïs peuvent, semble-t-il, servir d'exemple. Comme chez le Maïs et pour les mêmes raisons deux sortes de tests sont envisagés par les chercheurs désireux d'appliquer au Chou cette méthode de sélection :

— un test précoce d'aptitude générale à la combinaison,

— un test final d'aptitude à la combinaison particulière ne pouvant porter que sur un nombre limité de lignées.

a) *Test d'aptitude générale à la combinaison : Top-cross.*

Chez le Maïs, ce test consiste à croiser toutes les lignées avec un même partenaire et à enregistrer le comportement des hybrides ainsi obtenus : c'est le top-cross. La valeur de cette méthode conçue par DAVIS en 1927 a été démontrée largement par la suite : le classement des lignées inbred d'après leurs performances en top-cross et en croisement diallèles concorde de façon très satisfaisante. JENKINS et BRUNSON (1932) qui en ont donné la preuve expérimentale en concluent que le top-cross donne une bonne indication de l'aptitude générale (ou moyenne) à la combinaison ; il permet d'éliminer au moins la moitié inférieure des lignées sans laisser échapper aucun matériel de valeur.

L'efficacité du test top-cross, chez le Chou, dépendra de quatre facteurs : choix du testeur, époque du test, choix du matériel à tester et mode de pollinisation.

1°) *Choix du testeur.* — Le principe formulé à propos du Maïs reste valable pour le Chou : le testeur doit donner le maximum d'information sur les performances probables des lignées.

On ne peut donc concevoir de testeur unique pour tous les tests puisque sa valeur dépend beaucoup de l'utilisation qu'on doit faire d'un groupe particulier de lignées.

S'il s'agit des premières phases d'un programme de production d'hybrides doubles — c'est le cas actuellement pour le Chou fourrager — on prendra un testeur à base génétique large. Entre une variété-population, une lignée ou un hybride simple, nous choisirons une variété-population, issue de sélection massale ou mieux de sélection maternelle, d'un type approprié à celui des lignées à tester.

Pour les variétés d'hiver, deux testeurs seront vraisemblablement à prévoir, dont un résistant au froid ; une sélection de *Caulet* (Cavalier rouge) nous paraît tout indiquée pour remplir cet office ; il est en outre susceptible d'apporter une information rapide sur l'auto-incompatibilité du matériel testé si celui-ci appartient à des types « verts ».

2°) *Époque du test.* — Comme pour le Maïs un *test précoce* permettra au sélectionneur de concentrer très tôt ses efforts sur le matériel de valeur.

Le test précoce, suggéré par JENKINS en 1935, repose sur les bases suivantes :

1) dès le stade « plante-mère » ou la I_1 les plantes diffèrent quant à leur aptitude à la combinaison ;

2) les différences peuvent être détectées par un test précoce en dépit du problème d'échantillonnage posé par l'hétérozygotie des plantes qui composent les lignées. Selon JENKINS, ces dernières demeureraient relativement stables au cours des générations ultérieures quant à leur aptitude à la combinaison. Ce point de vue est assez controversé ; on conçoit en effet que l'éclatement de variabilité consécutif à l'inbreeding porte aussi sur l'aptitude à la combinaison ; quoi qu'il en soit, le test précoce a prouvé son efficacité pour l'élimination du matériel de faible valeur.

Le test top-cross ne saurait cependant dispenser de l'*étude analytique des lignées.* Comme le note SPRAGUE (1946) son efficacité dépend des facteurs considérés. Il donne une précieuse information sur la productivité et d'autres facteurs importants faciles à mettre en évidence à l'aide d'un testeur convenable ; mais pour les gènes dont la fréquence est faible, et pour les caractéristiques faciles à juger à l'œil il n'a qu'un intérêt et une portée limitée.

La sélection visuelle des lignées I_1, complétée si possible par l'analyse des plantes qui les composent, conduira déjà à éliminer une fraction plus ou moins importante de celles-ci : en conséquence le *test top-cross* de toutes les plantes-mères, très exigeant en travail, s'avère par surcroît inutile.

Deux solutions se conçoivent donc :

— soit conserver les plantes-mères par bouturage et tester, après observation de leurs descendance I_1, celles qui ne se trouveront pas déjà éliminées,

— soit effectuer le top-cross sur la I_1 ou du moins sur une partie de celle-ci, ce qui dispense de bouturer les plantes-mères.

3°) *Choix du matériel à tester.* — Le test peut porter :

— *soit sur des individus :* ceci est obligatoire si le matériel testé est la plante-mère, mais peut aussi se produire à la I_1, (ou aux générations suivantes) Ce test ne porte alors que sur des plantes déterminées considérées comme de nouvelles plantes-mères et dont la descendance ultérieure sera seule suivie ;

— *soit sur des lignées* dont on cherche à établir la performance moyenne.

C'est la seconde formule qui a cours chez le Maïs. Chez le Chou l'une et l'autre sont concevables grâce au coefficient élevé de multiplication de la plante.

Le test sur individus présente, à priori, un avantage certain étant donné l'impossibilité matérielle de poursuivre l'autofécondation sur de nombreuses plantes dans chaque lignée. De plus les résultats des tests portés sur de tels individus, supposés auto-incompatibles, reflèteront aussi fidèlement que possible leur aptitude générale à la combinaison.

Au contraire dans les tests sur lignées il faut toujours compter avec les risques de croisements entre plantess-œurs si les lignées sont hétérozygotes pour les allèles S, ce qui est fréquent en première génération d'inbreeding.

4°) *Mode de pollinisation.* — Le coefficient élevé de multiplication au niveau de la fleur rend possible deux modes opératoires pour les pollinisations : la pollinisation à la main et l'interpollinisation libre.

La pollinisation à la main est la technique adoptée dans les Stations pourvues de l'équipement souhaitable : la pollinisation de 20 à 30 fleurs, en serre, permet d'obtenir facilement 200 à 300 graines. Le nombre de fleurs à traiter dépendra surtout de leur fertilité normale ; la quantité de graines doit être suffisante pour la mise en place des essais comparatifs indispensables.

Cette technique ne peut évidemment s'appliquer qu'aux tests sur individus ; elle présente le maximum de garanties puisqu'aucune hybridation accidentelle n'est à craindre.

L'interpollinisation libre a lieu si on répartit le matériel à tester dans une culture du testeur en s'efforçant d'observer une distance aussi grande que possible entre les individus ou les lignées.

Cette méthode est moins rigoureuse que la précédente ; elle n'exclut pas totalement le risque d'interpollinisation entre les plantes ou lignées différentes, encore moins entre plantes d'une même lignée hétérozygote pour les allèles d'incompatibilité. Elle donne aussi une information moins fidèle sur l'auto-incompatibilité ou plus exactement l'allogamie du matériel testé. Enfin elle ne peut être réalisée qu'au champ.

En contrepartie elle est plus simple et plus rapide ; elle fournit toujours une quantité de graines suffisante pour effectuer tous les essais jugés utiles. C'est, de

plus, la seule méthode pratique pour juger la performance moyenne réelle des lignées et c'est dans ce cas surtout qu'elle sera conseillée.

b) *Les tests d'aptitude à la combinaison particulière.*

Une fois décelées les meilleures lignées d'après leurs performances moyennes, il convient de déterminer lesquelles d'entre elles devront figurer dans la composition de l'hybride double et quelles seront les meilleures combinaisons hybrides simples : tel est le double objet du test d'aptitude à la combinaison particulière, ou spécifique, suivant le terme employé par Sprague et Tatum (1942). Ce test constitue une étape très importante du programme de travail, on peut même dire qu'il en prépare la phase finale. Réalité suivant une méthode très stricte il permet même l'évaluation directe du rendement des différents hybrides doubles possibles.

1º) *Réalisation du test.* — Le test est réalisé au moyen de croisements simples dont le nombre — égal à celui de tous les hybrides simples possibles — est déterminé par celui des lignées à tester. Pour n lignées ce nombre est égal à $\frac{n(n - 1)}{2}$. On voit pourquoi le test ne peut porter que sur un nombre réduit de lignées.

L'interpollinisation libre des lignées soulève de sérieuses difficultés du point de vue isolement. Aussi pratiquera-t-on de préférence des pollinisations à la main entre individus déterminés, choisis à raison d'un ou deux pas lignée, dont la descendance autofécondée constituera éventuellement une des lignées de base.

Chez le Chou, on doit tenir compte des relations de compatibilité entre lignées : l'hybride double repose sur l'utilisation de quatre lignées intercompatibles. On doit donc les tester sous ce rapport en effectuant des pollinisations réciproques entre les « têtes de lignées » ci-dessus définies.

Le jumelage des deux tests conduit à doubler le nombre des croisements simples nécessaires pour le seul test d'aptitude à la combinaison. Ce nombre définitif pour n lignées sera donc égal à $n\ (n - 1)$.

Comme pour le top-cross, l'expression des résultats sera obtenue au moyen d'essais comparatifs aussi nombreux que le permettront les quantités de graines issues des pollinisations réciproques. Les meilleures combinaisons en hybrides simples seront ainsi détectées.

2º) *Prévision du rendement des hybrides doubles.* — La prévision du rendement des différents hybrides doubles possibles, et partant, le choix des meilleures combinaisons à réaliser entre lignées de base se déduisent de la performance des différents hybrides simples.

Sur ce point encore on peut tirer parti des travaux effectués sur le Maïs.

L'estimation de la performance de l'hybride double peut être déduite de la performance moyenne des quatre hybrides simples non parentaux.

Le rendement de l'hybride double (AB) × (CD) sera donc ainsi déterminé :

$$(AB) \times (CD) = \frac{(A \times C) + (C \times D) + (B \times C) + B(\times D)}{4}.$$

D'après cette formule le rendement des hybrides doubles peut varier considérablement suivant les combinaisons envisagées pour les deux hybrides simples de base. Dès lors, si les lignées A et B d'une part, C et D de l'autre, dérivent de deux

populations bien différentes, il est logique d'attendre les meilleurs résultats de la combinaison envisagée ci-dessus. Ceci correspond au schéma proposé par ODLAND et NOLL.

4°) *Détection des homozygotes pour les allèles d'incompatibilité dans les lignées inbred*

Ce problème se trouve posé par la limitation de la durée de l'inbreeding, le matériel inbred comprenant alors un mélange de lignées homozygotes et hétérozygotes pour les allèles d'incompatibilité. Il a fait l'objet de la part de K. F. THOMPSON et H. W. HOWARD (1959) d'une étude très approfondie faisant suite aux travaux de K. F. THOMPSON sur le système d'incompatibilité chez le *Brassica oleracea acephala* L. Nous extrairons de cette étude l'analyse des principales méthodes susceptibles de résoudre le problème posé.

a) *Données de base.*

La détection des homozygotes pour les allèles d'incompatibilité dans la descendance autofécondée de première génération d'une plante-mère repose sur deux données essentielles :

— la constitution génotypique de la plante-mère quant aux allèles S ;

— les relations de compatibilité tant entre la plante-mère et les divers membres de sa descendance qu'entre les plantes-sœurs constituant celle-ci. Si la plante-mère est hétérozygote tout dépendra des relations de dominance entre les deux allèles d'incompatibilité qu'elle renferme. Nous avons vu au cours de l'étude génétique de l'auto-incompatibilité qu'elles pouvaient être de quatre types différents. Quelles qu'elles soient, les individus qui composent la descendance autofécondée directe de la plante-mère se répartissent comme suit :

$$[S_1S_2] \rightarrow 50\ \%\ S_1S_2/25\ \%\ S_1S_1/25\ \%\ S_2S_2.$$

Le tableau ci-après rend compte, suivant le type de plante-mère hétérozygote, des deux séries de relations de compatibilité sur lesquelles est basée la détection des hétérozygotes dans cette descendance. Les relations entre la plante-mère S_1S_2 et sa descendance est évidemment la même que celles existant entre la plante inbred S_1S_2 et les autres plantes-sœurs.

b) *Méthodes de détection des homozygotes.*

Deux méthodes différentes se conçoivent, suivant qu'on tire parti des relations de compatibilité entre la plante-mère et sa descendance ou entre plantes-sœurs de la famille inbred ; quant à THOMPSON et HOWARD ils en suggèrent une troisième utilisant à la fois les deux sortes de relations.

1. *Méthode impliquant l'utilisation de la plante-mère.* — Elle consiste en pollinisations réciproques de la plante-mère, conservée par bouturage, par les membres de la famille inbred. D'après le tableau précédant, le résultat des pollinisations indique à la fois :

— le type de relation entre les allèles S chez la plante-mère hétérozygote ;

— les individus homozygotes pour l'allèle récessif S_2 dans le pollen ou dans le style ou dans les deux à la fois : ce sont ceux qui donnent des pollinisations compa-

tibles avec la plante-mère ; ils sont ensuite utilisés à leur tour comme testeurs pour détecter l'allèle dominant dans le mélange de plantes S_1S_2 et S_1S_1.

Si les deux allèles sont actifs à la fois dans le pollen et dans le style (type 4) il n'existe pas de pollinisations compatibles avec la plante-mère : celle-ci ne peut donc servir à détecter les homozygotes pour l'un ou l'autre allèle ; elle ne peut aussi, malheureusement, servir à différencier ce type de plante-mère hétérozygote de la plante-mère homozygote, puisque l'une comme l'autre sont totalement incompatibles avec leur descendance.

TABLEAU 22

Relations de compatibilité entre plantes-sœurs dans la descendance autofécondée d'une plante-mère hétérozygote pour les allèles S
(d'après les travaux de K. F. THOMPSON et HOWARD)

Type de plante-mère				Utilisée comme ♀ avec				Utilisée comme ♂ avec			
Nº	Relation entre allèles S (¹) Pollen	Style	Type de plante (²)	S_1 S_2 (50)	S_1 S_1 (25)	S_2 S_2 (25)	% total de pollinisations compatibles	S_1 S_2 (50)	S_1 S_1 (25)	S_2 S_2 (25)	% total de pollinisations compatibles
1	$S_1 > S_2$	$S_1 > S_2$	*S_1 S_2*	i	i	*C*	25	i	i	*C*	25
			S_1 S_1	i	i	*C*	25	i	i	*C*	25
			S_2 S_2	*C*	*C*	i	75	*C*	*C*	i	75
2	$S_1 > S_2$	$S_1 = S_2$	*S_1 S_2*	i	i	i	0	i	i	*C*	25
			S_1 S_1	i	i	*C*	25	i	i	*C*	25
			S_2 S_2	*C*	*C*	i	75	i	*C*	i	25
3	$S_1 = S_2$	$S_1 > S_2$	*S_1 S_2*	i	i	*C*	25	i	i	i	0
			S_1 S_1	i	i	*C*	25	i	i	*C*	25
			S_2 S_2	i	*C*	i	25	*C*	*C*	i	75
4	$S_1 = S_2$	$S_1 = S_2$	*S_1 S_2*	i	i	i	0	i	i	i	0
			S_1 S_1	i	i	*C*	25	i	i	*C*	25
			S_2 S_2	i	*C*	i	25	i	*C*	i	25

(¹) Légende : $S_1 > S_2$: S_1 dominant (actif), S_2 récessif (inactif en présence de S_1). $S_1 = S_2$: S_1 et S_2 tous deux actifs et indépendants.

(²) Les relations de compatibilité de la plante-mère avec sa descendance autofécondée sont en même temps celles qui caractérisent le type de plante-sœur *S_1 S_2* (en italique).

2. *Méthode utilisant les relations de compatibilité entre plantes-sœurs.* — On voit qu'en l'absence de pollinisations compatibles entre la plante-mère et sa descendance il convient de tirer parti des relations de compatibilité entre plantes-sœurs inbred. On choisit comme testeurs deux de celles-ci, en escomptant que l'une des deux au moins est homozygote pour un allèle S ; on les croise l'une comme ♀, l'autre comme ♂ avec les autres. Avec toute plante homozygote pour un allèle S on obtiendra 0 ou 25 p. 100 de pollinisations compatibles suivant que la plante-mère était homozygote

ou hétérozygote avec deux allèles indépendants et actifs dans le pollen et dans le style (type 4 du tableau).

3. *Méthode suggérée par* THOMPSON *et* HOWARD. — Cette méthode qui allie l'emploi des deux sortes de testeurs — plante-mère et plantes-sœurs — comprend trois phases. Les deux premières ont pour objet la détection des homozygotes pour un allèle S ainsi que celles du type de plante-mère correspondant ; la troisième vise à la détection des homozygotes pour le second allèle de la famille hétérozygote : elle est d'ailleurs commune à toutes les méthodes.

α) *Pollinisation entre plantes-sœurs de la famille inbred.*

On choisit 2 plantes au hasard dans la famille on croise chacune d'elles avec les autres en utilisant l'une comme ♀, l'autre comme ♂.

On obtiendra un certain nombre de pollinisations compatibles — au moins dans un sens — sauf dans deux cas :

— si la plante-mère était homozygote,

— si celle-ci était hétérozygote pour deux allèles indépendants et actifs dans le pollen et dans le style (type 4) et que par un hasard malheureux les deux plantes-sœurs utilisées sont elles-mêmes hétérozygotes comme la plante-mère. De nouvelles pollinisations avec d'autres plantes-sœurs — augmentant d'autant les chances d'en avoir une homozygote — permettront alors de différencier les deux cas comme nous l'avons vu plus haut.

Si donc l'on obtient un certain nombre de pollinisations compatibles prouvant l'hétérozygotie de la lignée, l'analyse des résultats des pollinisations permet de diviser la famille en deux groupes — voire en trois —. S'il y a deux groupes, ceux-ci seront d'inégale importance (tabl. 22), le plus petit devant être celui des homozygotes pour l'un des allèles ; par exemple, pour le type 1 du tableau le groupe des homozygotes pour le récessif S_2 est celui qui fournit les 25 p. 100 de pollinisations compatibles ou incompatibles suivant la constitution (inconnue à priori) du testeur.

Un choix très heureux de testeurs peut diviser la famille en trois groupes pour les types 2, 3 et 4 du tableau ; ceci a lieu si les testeurs appartiennent à chacun des deux groupes d'homozygotes : ceux-ci sont aussitôt décelés.

β) *Utilisation de la plante-mère.*

On effectue les pollinisations réciproques de la plante-mère avec deux des inbred qui ont donné des pollinisations compatibles avec les plantes-sœurs.

Le résultat de ces pollinisations indique à la fois :

— le type de relation entre allèles S chez la plante-mère ;

— le ou les groupes de plantes homozygotes pour un allèle déterminé.

En effet la plante-mère S_1S_2 n'est compatible qu'avec les homozygotes pour l'allèle récessif dans le pollen ou dans le style ou dans les deux.

γ) *Détection des homozygotes pour le second allèle de la famille hétérozygote.*

Elle s'effectue par pollinisation entre des représentants du groupe d'homozygotes pour un allèle S déjà décelé et le reste de la famille constitué par un mélange d'hétérozygotes et d'homozygotes pour l'autre allèle S.

Cette opération est efficace pour les types 2, 3 et 4 du tableau. Elle s'impose

pour les types 2 et 3 où seuls les homozygotes pour l'allèle récessif sont intercompatibles dans les deux sens avec les homozygotes pour l'allèle dominant ; elle est inutile pour le type 4, les deux groupes ayant été décelés au cours des phases précédentes.

Si la plante-mère est du type 1, le groupe déjà connu est celui des homozygotes pour l'allèle récessif ; les hétérozygotes et les homozygotes pour l'allèle dominant se comportent de la même façon quant on les croise avec ceux-ci ; pour les différencier on sera obligé de tester la descendance du croisement.

On a en effet : $S_1S_1 \times S_2S_2 \rightarrow 100\ \%\ S_1S_2$

$S_1S_2 \times S_2S_2 \rightarrow 50\ \%\ S_1S_2/50\ \%\ S_2S_2$.

Les deux groupes sont différenciés par pollinisation, soit avec l'homozygote S_2S_2, soit avec la plante-mère : seules les plantes issues des homozygotes S_1S_1 seront en totalité compatibles avec le testeur S_2S_2 ou incompatibles avec la plante-mère S_1S_2.

c) *Critique de la méthode de* Thompson *et* Howard.

Cette méthode paraît judicieuse et d'application très générale.

Toutefois, il serait sans doute intéressant d'expérimenter des techniques rapides pour la conduite de tests de compatibilité, par exemple des essais de germination de pollen *in vitro*. K. F. Thompson utilise d'ailleurs accessoirement comme indice de compatibilité le noircissement du stigmate après la pollinisation ; il a entrepris aussi des recherches en vue de simplifier la méthode par l'utilisation de gènes liés à des *loci* d'incompatibilité (1961).

Dans sa forme actuelle cette méthode reste malgré tout assez complexe et longue, applicable en tout état de cause à un petit nombre de lignées, donc à la fin de la phase d'inbreeding. Dans de nombreux cas on pourra, il est vrai, se contenter d'une partie des opérations ; parfois ce sera la seule solution possible si, par exemple, la plante-mère n'a pu être conservée. On peut être ainsi conduit, soit à laisser échapper du matériel de valeur, soit au contraire à utiliser du matériel incomplètement testé.

d) *Utilité de la détection des homozygotes pour les allèles d'incompatibilité.*

Cette question se trouve posée par la remarque qui vient d'être formulée. Rappelons tout d'abord une donnée fondamentale : seules des lignées homozygotes pour les allèles d'incompatibilité sont susceptibles de fournir en interpollinisation libre 100 p. 100 de graines hybrides.

On peut en déduire que l'obtention de telles lignées s'impose sans conteste lorsqu'on veut combiner des types morphologiques et physiologiques différents.

S'il s'agit d'hybrides entre types voisins, les plantes consanguines issues de pollinisations compatibles entre plantes-sœurs ne se différencieront guère des autres, mais la valeur agronomique de l'hybride, plus particulièrement sa productivité, risque d'être plus ou moins diminuée.

Aussi peut-on prévoir, ainsi que nous le faisions remarquer plus haut, que le degré d'homozygotie des lignées quant aux allèles S et les relations de dominance entre ceux-ci influeront sur les résultats des tests de valeur en combinaison. Les tests précoces sur lignées souvent hétérozygotes risquent de sous-estimer la valeur potentielle ultérieure de celles-ci ; en contre partie les tests sur plantes-mères ou « têtes de lignées » auto-incompatibles mais hétérozygotes peuvent conduire à surestimer le comportement réel de leur descendance.

Deux facteurs peuvent concourir à l'élimination des hétérozygotes pour les allèles d'incompatibilité :

— d'une part la *régression normale des hétérozygotes* au cours des générations successives d'autofécondation,

— d'autre part *les tests de valeur en combinaison sur lignées.*

S'ils peuvent porter sur d'assez nombreuses lignées issues d'une même plante-mère, les deux séries possibles de lignées homozygotes pour l'un ou l'autre allèle S doivent fournir les meilleures performances, donc avoir le maximum de chances d'être seules conservées ; il n'y aura donc aucune perte d'allèles S liés à d'autres caractères intéressants dans la lignée qui les portent.

On conçoit dès lors que le test, à une génération assez avancée (I_3 ou I_4), de lignées aussi nombreuses que possible issues d'une même plante-mère, puisse pallier au moins partiellement la non détection systématique des homozygotes pour les allèles S.

En pratique il ne pourrait alors s'agir que d'un *top-cross tardif* préalable à l'ultime test diallèle, destiné à détecter seulement la ou les deux meilleures lignées issues de chaque plante-mère. Logiquement ce devrait être des lignées homozygotes pour les allèles S ; la vérification, dans la mesure où elle s'impose, est alors relativement facile, beaucoup plus en tout cas que la détection des homozygotes dans les lignées hétérogènes.

Signalons, en terminant, qu'il existe, au moins sur le plan théorique, une solution extrême au problème de l'auto-stérilité des lignées inbred. C'est l'utilisation de la *stérilité mâle,* phénomène parfois rencontré chez les divers genres de choux ou susceptibles d'être provoqué par voie chimique. C. NORTH (1959) qui, entre autres auteurs, en fait état, estime qu'il paraît difficile d'envisager actuellement son application ; celle-ci soulèverait cependant, pensons-nous, moins de difficultés pratiques que chez le Maïs par exemple, grâce à la conservation possible des lignées autostériles par voie végétative.

5°) *Schéma d'un programme de travail visant à la production d'hybride double chez le Chou fourrager*

Nous résumerons les principales conclusions de l'étude qui vient d'être présentée en proposant le programme suivant, les différentes modalités qu'il comporte dépendant essentiellement des conditions matérielles dans lesquelles travaille le sélectionneur.

1°) *Choix des plantes-mères.* — Test d'auto-incompatibilité.

Autopollinisation de boutons pour obtention de la I_1.

2°) *Étude des lignées* I_1. — Sélection visuelle, complétée si possible par analyse des plantes, notamment dans la mesure où le bouturage peut être utilisé pour la conservation ultérieure des lignées : *première élimination de lignées.*

Choix des plantes-mères dans les lignées conservées :

test d'auto-incompatibilité ;

test top-cross d'aptitude générale à la combinaison : *nouvelle élimination de lignées.*

3°) *Suite de la sélection dans les lignées non éliminées.* — On suivra dans chaque lignée un matériel plus ou moins réduit suivant que les tests définitifs comporteront ou non le test d'auto-incompatibilité des lignées.

4°) *Tests à effectuer à la dernière génération d'inbreeding envisagée* ($I_n = I_3$ ou I_4). — Nous distinguerons deux cas suivant qu'est envisagée ou non la détection des homozygotes :

I^er Cas : Méthode comportant la détection des homozygotes pour les allèles S.

Les opérations peuvent se dérouler de l'une ou l'autre façon suivante :

α) — *sur individus de la* I_n.

Tests réciproques d'intercompatibilité et d'aptitude à la combinaison ;

— *sur les lignées* I_{n+1}.

Test d'homozygotie pour les allèles S.

Conservation de lignées ou fractions de lignées homozygotes.

β) — *sur la lignée* I_n.

Test d'homozygotie pour les allèles S.

Conservation de lignées ou fractions de lignées homozygotes.

Tests d'intercompatibilité et d'aptitude à la combinaison sur groupes d'individus homozygotes pour les allèles S.

II^e Cas : Méthode ne comportant pas la détection des homozygotes pour les allèles S.

— Tests top-cross sur toutes les lignées I_n des différentes plantes-mères I_{n+1} conservées par voie végétative.

— Tests d'intercompatibilité et de valeur en combinaison particulière sur les plantes I_n de différentes origines ayant fourni les meilleures performances dans le test précédent.

5° *Obtention des deux hybrides simples* (interpollinisation libre).

6° *Obtention de l'hybride double* par interpollinisation libre entre les deux hybrides simples auto-incompatibles mais intercompatibles.

6°) *Conclusion sur l'hybride double*

L'application au Chou fourrager de la méthode du croisement double a fait surtout jusqu'ici, à notre connaissance, l'objet d'un travail approfondi au *Plant Breeding Institute* de Cambridge qui dispose, semble-t-il, d'un équipement en tous points adéquat. Nous ne possédons pas d'éléments susceptibles de juger les différentes méthodes de travail qui viennent d'être suggérées. Aussi nous bornerons-nous à une critique d'ordre général sur la méthode elle-même.

Comparativement à celle du croisement simple elle n'est pas sans présenter certains inconvénients :

— elle est plus complexe, car elle nécessite non plus deux, mais *quatre lignées* à la fois auto-incompatibles, intercompatibles et se combinant bien ;

— la performance de l'hybride double sera inférieure à celle du meilleur hybride simple possible entre les diverses lignées sélectionnées ;

— son homogénéité est ainsi moins bonne que celle de l'hybride simple ; cet inconvénient est d'autant plus évident chez le Chou qu'un certain pourcentage d'autofécondation est à redouter à tous les stades.

En contrepartie nous noterons que cette méthode est déjà éprouvée chez le Maïs. D'autre part, elle semble devoir présenter dans sa réalisation matérielle, autant sinon

plus d'intérêt chez le Chou fourrager, grâce au coefficient élevé de multiplication tant au niveau de la fleur qu'au niveau de la plante ; elle résoud dès lors, sans avoir besoin de recourir à une génération supplémentaire de multiplication, tous les problèmes d'ordre économique soulevés par la production d'hybrides simples. Seul reste valable celui qui concerne la culture des lignées inbred pour la production de la graine hybride simple ; mais celle-ci peut être alors réalisée sur de petites surfaces dans des conditions spécialement favorables.

Aussi le principe de l'hybride double chez le Chou fourrager doit-il jouir d'un préjugé favorable.

C — LA VARIÉTÉ SYNTHÉTIQUE.

Il existe une méthode appliquée aux espèces fourragères chez lesquelles la production commerciale de graines F_1 ne peut être envisagée de façon pratique comme chez le Maïs ; elle a d'ailleurs été appliquée aussi au Maïs pour diminuer le prix de revient des semences en culture extensive : il s'agit de la création de *variétés synthétiques*.

Son principe reste le même que celui de l'hybride simple ou double : l'*utilisation contrôlée de l'hétérosis potentiel entre certains génotypes*, avec cette restriction toutefois que la variété synthétique ne repose que sur un contrôle partiel de la pollinisation. Suivant ALLARD (1960) cette méthode paraît offrir de bonnes garanties pour l'utilisation contrôlée d'une quantité appréciable d'hétérosis.

1°) *Définition*

Sous sa forme la plus générale, *la variété synthétique* est celle qui résulte de la combinaison d'un certain nombre de génotypes et dont la conservation ultérieure est assurée par l'interpollinisation libre des plantes qui la composent.

Ainsi définie, la variété synthétique ne se différencie nettement des sélections massale ou maternelle que sur un point fondamental, la façon dont sont choisis les génotypes qui la composent. La variété synthétique repose, comme l'hybride simple ou l'hybride double, sur l'aptitude à la combinaison de ces génotypes : seuls servent de base à la synthétique ceux dont on sait qu'ils se combinent bien les uns avec les autres.

Pour le Chou fourrager, compte tenu de sa biologie florale, nous concevrons la *variété synthétique* comme résultant de l'interpollinisation libre d'un certain nombre de lignées inbred intercompatibles et, en principe du moins, auto-incompatibles, et comportant l'utilisation d'une génération postérieure à la F_1 pour la production de semences commerciales.

Il existe donc une différence fondamentale entre la variété synthétique et l'hybride simple ou double.

Au stade de la semence commerciale, la variété synthétique correspond à un hybride complexe en disjonction. Or, elle doit en même temps présenter les garanties indispensables d'homogénéité, sinon d'uniformité totale. Ceci peut conduire à restreindre le choix des lignées parentales à des types morphologiquement et physiologiquement comparables au détriment éventuel du degré d'hétérosis de la F..

Trois conséquences en découlent :

1°) il faudra tirer parti au maximum du potentiel allélique de telles lignées, d'où l'importance prépondérante des tests d'aptitude à la combinaison particulière,

2°) par contre, l'homozygotie des lignées pour les allèles d'incompatibilité, tout restant en souhaitable, n'apparaît plus absolument indispensable ; le rôle des tests de valeur en combinaison apparaît encore ici primordial ;

3°) l'inbreeding pourra être limité assez souvent à 2 générations, c'est-à-dire jusqu'à homogénéisation partielle du matériel ; la multiplication végétative éviterait son évolution ultérieure.

Deux points retiendront notre attention : les tests d'aptitude à la combinaison des lignées et la fabrication proprement dite de la variété synthétique.

2° *Tests d'aptitude la combinaison*

De tous les tests possibles d'aptitude à la combinaison applicables aux plantes fourragères, nous en reteindrons trois :

— le top-cross ;
— le polycross ;
— les croisements simples ou test diallèle.

Seul ce dernier est, on le sait, un véritable test d'aptitude à la combinaison particulière. Les deux autres testent l'aptitude générale ou moyenne à la combinaison, le test polycross étant considéré comme le test caractéristique de la variété synthétique.

a) *Le test polycross.*

La descendance d'une lignée est soumise à l'interfécondation systématique avec celle de toutes les autres lignées à tester, le dispositif expérimental devant procurer des chances égales à tous les croisements possibles entre lignées. Chacune d'elles est donc jugée d'après sa performance moyenne en combinaison ou plus exactement en interpollinisation libre avec l'ensemble de toutes les autres. L'information qui découle du test dépend donc du nombre de lignées testées. Si celui-ci est important les résultats ont toutes chances de correspondre à ceux d'un test top-cross réalisé dans des conditions comparables, car la base génétique du testeur, c'est-à-dire de l'ensemble des lignées, sera sans doute large ; par contre si le nombre des lignées est peu élevé. la performance de chaque lignée peut être très différente de celle réalisée en top-cross et se rapprocher de la performance moyenne en croisements simples. On conçoit dès lors que le test polycross, quoique moins précis que le test diallèle, mais beaucoup plus facile à réaliser, puisse constituer une méthode plus en rapport avec l'utilisation ultérieure des lignées.

Comme les croisements diallèles, le polycross peut porter, soit sur des individus (« polycross-plante »), soit sur des groupes de plantes (« polycross-ligne ») ; cette seconde formule tient mieux compte de l'incidence de l'autocompatibilité partielle des plantes à l'intérieur de la lignée sur les performances de celle-ci ; il donnera ainsi une prévision plus objective de leur comportement réel si la fabrication de l'hybride complexe est réalisée de la même façon.

Par contre, seul le « polycross-plante » est susceptible d'assurer une interpollinisation totale, à condition que les individus soient issus des plantes auto-incompatibles, ce qu'il est toujours indispensable et facile de contrôler.

b) *Choix des tests.*

Le principe de deux tests doit être conservé, l'un précoce pour apprécier l'aptitude générale à la combinaison du maximum de lignées possibles, l'autre tardif, pour juger avec plus de précision l'aptitude des meilleures d'entre elles à bien se combiner.

Nous pensons que la solution la plus simple consiste à choisir :

— pour le test précoce : le top-cross,
— pour le test final : le polycross.

Quel que soit son intérêt pratique, le polycross reste tout de même moins précis dans son information que le test diallèle. Seul celui-ci permet en effet de juger avec sûreté l'intercompatibilité des lignées et de prévoir en outre le rendement des différents hybrides complexes F_1 possibles : en effet, le rendement d'un hybride complexe F_1 de n lignées est, théoriquement, égal à la moyenne de tous les croisements simples impliquant les n lignées.

Malheureusement tous les croisements simples entre nombreuses lignées sont difficiles à réaliser, nous l'avons déjà dit à propos de l'hybride double. Quant aux croisements réciproques sur individus « têtes de lignées » auto-incompatibles, ils ne tiennent pas compte des pollinisations entre plantes-sœurs des lignées qui en dérivent si elles sont hétérozygotes pour les allèles d'incompatibilité.

Dès lors le test polycross peut s'avérer, en définitive, aussi efficace.

3°) *La fabrication de la variété synthétique*

C'est la phase finale du programme de travail. L'analyse des opérations qu'elle comporte montre que trois problèmes vont se poser :

— le choix et le nombre des lignées à faire entrer dans la variété synthétique,
— la réalisation de l'hybride complexe F_1,
— enfin la génération de multiplication à utiliser pour la production de semence commerciale.

a) *Composition de la variété synthétique.*

Sa détermination est plus complexe que celle de l'hybride double.

Le choix et le nombre des lignées à faire entrer dans la variété synthétique dépend en effet :

1°) des performances des différents hybrides complexes F_1 possibles, dont la prévision découle des tests de valeur en combinaison ;

2°) de l'évolution de ceux-ci au cours des générations suivantes ou plus précisément au cours de la F_2, à laquelle elle doit théoriquement se limiter.

Le rendement prévisible de la variété synthétique ($\hat{F}_2$) est donné par la formule de S. Wrihgt :

$$\hat{F}_2 = \bar{F}_1 - \frac{\bar{F}_1 - \bar{P}}{n} \text{ dans laquelle on a :}$$

$\bar{F}_1$ = moyenne de tous les croisements simples possibles entre les lignées choisies.

$\bar{P}$ = performance moyenne de ces lignées.

n = nombre de ces lignées.

L'évolution du rendement de la F_1 à la F_2 se déduit de la formule précédente :

$$\bar{F}_1 - \bar{F}_2 = \frac{\bar{F}_1 - P}{n}$$

Elle sera, comme on le voit, d'autant plus réduite que les lignées parentales sont à la fois plus vigoureuses et plus nombreuses. Vigueur des lignées et nombre de lignées tels sont donc les deux facteurs à conciler avec la valeur en combinaison de celles-ci dont découle la performance de la F_1.

L'existence de lignées relativement vigoureuses et se combinant bien est concevable ; le choix de telles lignées favorise en outre la réussite de la culture destinée à produire la semence F_1 (résistance aux adversités et rendement en graines).

Par contre, plus les lignées seront nombreuses, moins bonne sera leur performance moyenne en combinaison : c'est donc ici que doit intervenir surtout une conciliation entre les deux facteurs antagonistes. Les résultats des tests de valeur en combinaison particulière. (ou à défaut du polycross final) seront déterminants.

A défaut de résultats expérimentaux sur Chou fourrager nous pouvons nous référer à ceux obtenus sur le Maïs et sur les plantes fourragères. Le nombre de lignées à incorporer dans la constitution de la variété synthétique peut varier de 4 à 8 ; il sera le plus fréquemment de 5 à 6.

b) *Fabrication de l'hybride complexe* F_1.

Celle-ci sera réalisée sous forme de polycross suivant le même principe et avec le même dispositif expérimental que pour le test de valeur en combinaison.

Comme pour celui-ci l'unité parcellaire peut être soit une plante (polycross-plante), soit un groupe de plantes de la lignée semées ou plantées sur une même ligne (polycross-ligne). Seul le premier dispositif garantit une interpollinisation aussi parfaite que possible entre les lignées : dans le polycross-ligne, le pourcentage de fécondation éventuelle entre plantes-sœurs, dépend des relations de compatibilité dans la lignée. Le choix de l'une ou l'autre formule sera en pratique dicté par le nombre de plantes nécessaires dans le polycross pour fournir la quantité de graines F_1 nécessaire, et celle-ci le sera à son tour par le nombre de générations de multiplication prévu.

c) *Choix de la génération à utiliser pour la production de semences commerciales.*

D'après la loi de Hardy-Weimberg, les précisions de rendement de la F_2 restent valables pour les générations suivantes de multiplication ; il ne doit se manifester au cours de celles-ci aucune évolution génétique du matériel, l'équilibre zygo-

tique étant atteint en une seule génération. Ceci requiert cependant deux conditions : panmixie et absence de sélection différentielle.

En réalité les risques d'évolution ne sont malheureusement pas négligeables, surtout pour une plante comme le chou ; nous en avons déjà exposé les raisons à propos de la sélection massale.

A ce point de vue la limitation des multiplications à la seule F_2 est souhaitable ; elle est rendue possible par le coefficient élevé de multiplication de la plante : les données du problème étant pratiquement les mêmes que pour l'hybride double. La production de la F_1 doit alors résulter d'un polycross-lignes.

4°) *Conclusions sur la variété synthétique*

Nous manquons de données précises pour juger la valeur de cette formule chez le Chou fourrager. Nous savons toutefois qu'elle a déjà d'heureux résultats chez d'autres espèces fourragères, notamment chez les graminées ; l'aptitude marquée de ces dernières à la multiplication végétative, le caractère pluriannuel de la plupart d'entre elles, constituent des facteurs à priori très favorables, mais les résultats obtenus sur le Maïs sont loin d'être négligeables et ont donné lieu de la part de LONNQUIST et MACGILL (1956) à deux conclusions intéressantes :

— la supériorité constante de la variété synthétique sur la variété à pollini sation libre dont elle était issue,

— l'amélioration possible de ses performances par la sélection récurrente.

La productivité de la variété synthétique reste logiquement inférieure à celle de l'hybride double susceptible d'être fabriqué avec les quatre « meilleures » lignées entrant dans sa constitution. En outre, comme elle restreint l'origine des lignées, elle limite vraisemblablement les possibilités d'utilisation de l'hétérosis potentiel.

Pour le Chou, comme pour le Maïs, la variété synthétique présente par contre sur l'hybride double certains avantages sur le plan pratique :

— réduction possible de la durée de l'inbreeding ;

— suppression du test d'auto-incompatibilité des lignées et de la détention des homozygotes qui en résulte.;

— substitution au test diallèle de valeur en combinaison particulière du test polycross, plus simple, de valeur moyenne en combinaison ;

— simplification enfin de la culture destinée à produire la semence commerciale (un seul lot de semences-mères, au lieu de deux, mise en place de la culture plus facile).

Pour toutes ces raisons la sélection d'une variété synthétique apparaît une méthode de transition possible entre la sélection massale ou maternelle et celle conduisant à l'hybride double.

CONCLUSION

La biologie florale du Chou fourrager (*Brassica oleracea acephala* L.) est connue depuis longtemps dans ses traits principaux ; ceci, grâce, il est vrai, aux études réalisées déjà sur d'autres sous-espèces mais dont les résultats n'en sont pas moins

valables pour lui. Les acquisitions les plus récentes concernent surtout les phénomènes d'incompatibilité et, notamment, son déterminisme génétique. Leur importance est incontestable pour la mise au point de méthodes de sélection aussi efficaces que possible : nous pensons ici aux méthodes réalisant un contrôle plus ou moins parfait de la pollinisation, celles visant à la création d'une variété synthétique ou mieux encore d'un hybride double.

D'immenses progrès ont en effet été réalisés depuis un quart de siècle dans l'amélioration des plantes allogames ; le cas du Maïs est, sans doute, le plus spectaculaire. Il peut sembler assez curieux que pour le Chou fourrager il n'en a pas été de même. Seule en effet, ou presque seule, est encore utilisée, du moins à notre connaissance, l'archaïque sélection massale dont le remplacement par une sélection maternelle constitue un minimum de progrès souhaitable.

Bien des facteurs contribuent sans doute à ce retard s'ils ne l'expliquent pas totalement. Il en est d'ordre technique : les méthodes modernes de sélection sont plus difficiles à appliquer au Chou qu'au MAÏS par exemple. Il en est aussi d'ordre économique : la substitution de ces méthodes à celle de la simple sélection massale exige la mise en œuvre des moyens importants, soulevant ainsi la question de leur rentabilité. Nous ne sommes malheureusement pas à même d'étayer une réponse affirmative à celle-ci sur des données à la fois précises et généralisables.

Il est incontestable, en tout état de cause, que seules les méthodes contrôlant plus ou moins parfaitement la pollinisation permettront l'obtention, à grande échelle, de ces variétés vigoureuses et productives, mais aussi bien définies et homogènes qu'exige aujourd'hui l'agriculteur.

Reçu pour publication en septembre 1963.

SUMMARY

THE FLORAL BIOLOGY OF FODDER KALE ; ITS EFFECT ON SELECTION

The agronomic value of fodder kale (*Brassica oleracea acephala* L.) justifies the effort to improve the present methods of selection, which are very much behind those from which most other cultivated plants benefit.

The choice of methods of selection depends on the floral biology of the plant, and in particular on its mode of fertilisation. The report is divided into two parts, the study of the floral biology and the analysis of methods of selection.

1. *Studies of the floral biology* show that fodder kale is an *allogamous* plant with entomophilous pollination having, moreover, a very high capacity for multiplication.

The allogamy of fodder kale is governed primarily by the phenomenon of *self-incompatibility*, the existence of which has been known for a long time. Most of the work devoted to its study has in the past been carried out on drumhead cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.) ; see the works of ROEMER (1918), PEARSON (1929 and 1932), ATTIA and MUNGER (1950). The work done by the *Station d'Amélioration des Plantes* at Rennes was carried out directly with fodder kale ; it gives complementary information on the *manifestation* of the phenomenon in natural conditions, on its *development* with that of the flower, and finally on the *localisation* of the inhibition phenomenon, the biochemical determinism of which could not be indicated with certainty.

With regard to the *genetic determinism* of the phenomenon of incompatibility, this has recently been more clearly defined, due especially to the work of A. J. BATEMAN (1954 and 1955) and K. F. THOMPSON (1957), who showed that incompatibility of the *sporophytic* type is governed by a series of S alleles which can have different activities in pollen and in the style.

Some characteristics of the phenomenon of incompatibility proceed from facts which are very important with regard to selection :

— *Self-incompatibility can lead to absolute self-sterility at anthesis* and, though to a lesser degree,

can allow 100 *p*. 100 *crossings in free interpollination* due to the competition between auto-pollen and compatible allo-pollen. However, this only takes place *between two groups of plants* if each of them is *homozygous for a different S allele.*

It is possible to *obtain inbred progeny* from auto-incompatible plants by auto-pollination of buds, due to the early receptivity of the stigma.

2. *Methods of selection* which can be used for fodder kale must take into account not only its *floral biology* but also the *long duration of the vegetative cycle ; its capacity for propagation by cutting* can elsewhere be turned to advantage. The methods can be divided into two groups according to *whether or not they control pollination,* and as a consequence, whether or not they need resort to producing *inbred* progeny. This distinction is important in practice for the *selection of progeny is slow ;* on the other hand, *the result of inbreeding* is very marked, one of its first manifestations being that the progeny are less resistant to adverse conditions.

In the first group, *mass selection,* by far the most widespread method, must ensure firstly a continual renewal of the parent-plants, and secondly, to assure the indispensable guarantees, the control of the multiplications. In its place, one might to advantage substitute *parent-selection* which is used extensively at Rennes, where the parent-plants are harvested, and their interpollinated descendants tested separately.

Methods of controlling pollination rely upon the use of the combined value of the inbred progeny ; they aim at the creation of « hybrid » or « synthetic » varieties. The *simple hybrid* proves to be difficult to withhold, in spite of its theoretical interest, because of the higher prices of commercial seed. The *double hybrid* has proved itself in maize ; the floral morphology in particular of this plant greatly simplifies crossings on an industrial scale. With fodder kale it also seems to be economically worthwhile and moreover is already being envisaged abroad (Cambridge). But *four progenies* are needed which are at the same time *self-incompatible, crosscompatible* and have *good combining ability.* This gives rise to the necessity for *several more or less complex tests,* and notably for a test on a particular combination of values. Finally, the *synthetic variety* can be established after a partial control of pollination ; less perfect than the double hybrid, it is however easier to obtain : the duration of inbreeding can be reduced and the final test of the combined value simplified (polycross test).

The synthetic variety may constitute a transitional form between mass of parent selection and the double hybrid, the latter remaining unquestionably the formula of the future.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE BLÜTENBIOLOGIE DES FUTTERKOHLS ; IHRE FOLGEN FÜR DIE ZÜCHTUNG

Der landwirtschaftliche Wert des Futterkohls (*Brassica oleracea acephala* L.) rechtfertigt die gegenwärtigen Selektionsmethoden, die weit hinter denen andere Pflanzen zurückliegen, zu verbessern.

Die Wahl der Züchtungsmethode hängt von der Blütenbiologie der Pflanze und insbesonders von der Art ihrer Befruchtung ab. Der Aufsatz teilt sich in zwei Abschnitte : Das Studium der Blütenbiologie und die Analyse der Selektionsmethoden.

1. *Studien der Blütenbiologie* zeigen, dass Futterkohl *ein Fremdbefruchter* mit Insektenbestäubung ist, der eine grosse Vermehrungsfähigkeit hat.

Die Kreuzbefruchtung des Futterkohls ist in erster Linie durch Autoincompatibilität bestimmt deren Existenz seit langer Zeit bekannt ist. Die hauptsachlichen Untersuchungen wurden, in der Vergangenheit, am Kopfkohl (*Brassica oleracea capitata* L.) ausgefürt ; siehe die Arbeiten von ROEMER (1918), PEARSON (1929 und 1932), ATTIA und MUNGER (1950). Die Untersuchungen der *Station d'Amélioration des Plantes* in Rennes, wurden am Futterkohl selbst ausgefürt. Sie geben ergänzende Informationen über die *Erscheinung* des Phänomens unter natürlichen Bedingungen, über seine *Entwicklung* mit dem der Blüte und schliesslich über die *Lokalisierung* der Hemmungserscheinung, deren biochemische Bestimmung nicht mit Sicherheit erwiesen werden konnte.

Was die *genetische Bestimmung* des Phänomens der Incompatatibilität betrifft, so ist diese in letzter Zeit, durch A. J. BATEMAN (1954 und 1955) und K. F. THOMPSON (1957), klarer definiert worden. Diese Autoren zeigten, dass Incompatibilität *sporophytischer* Art bestimmt wird durch eine Reihe von S. Allelen, die verschiede Wirksamkeit im Pollen und im Blumengriffel haben. Einige Eigentümlichkeiten des Phänomens der Incompatibilität haben eine grosse Bedeutung für die Züchtung : Autoincompatibilität kann zu vollständiger Selbststerilität führen und kann, zu totaler Fremdbestäubung füren. Diese findet jedoch nur dann *zwischen zwei Pflanzengruppen* statt, wenn jede von ihnen für ein *verschiedenes S Allel homozygot ist.*

Es ist möglich, *inzüchtige Nachkommenschaft* von selbstunverträglichen Pflanzen durch Selbstbestäubung in der Knospen, dank der frühen Empfänglichkeit der Narbe, *zu erhalten*.

Züchtungsmethoden, die für Futterkohl verwendet werden können, müssen nicht nur dessen *Blütenbiologie*, sondern auch dessen *langen vegetiven Zyklus* in Betracht ziehen ; seine *Fähigkeit der Fortpflanzung durch Stecklinge* kann auch angewendet werden. Die Methoden können in zwei Gruppen geteilt werden, *je nach dem, ob die Bestäubung kontrolliert wird oder nicht* und als Folge davon, ob *Inzucht gebrancht wird oder nicht*. Diese Unterscheidung ist prakisch wichtig ; denn die Züchtung der Inzuchtlichtlinien geht langsam vorwärts. Andererseits ist das Inzuchteffekt sehr stark : die Inzuchtlinien sind weniger widerstandfähig gegen ungünstige Verhältnisse.

In der ersten Gruppe muss Massenselektion, bei weitem die verbreiteste Methode, um genügende Garantie geben zu können, vor allem die beständige Erneuerung der Elternpflanzen sichern und die Vermehrungen kontrollieren. An ihrer Stelle könnte man mit Vorteil Mutterzüchtung betreiben, die weitverbreitet in Renne benutzt wird, wo die Elternpflanzen geerntet und ihre untereinander bestäubten Nachkommen von einander getrennt untersucht werden.

Die Methoden welche Inzucht benuzen, beruhen auf die Verwendung der besten Kombinationen zwischen Inzuchtlinien. Zie zielen auf die Schaffung « hybrider » oder « synthetischer » Sorten. Der *einfache Bastard* ist schwer verwenbar, trotz seinem theoretischen Interesse, wegen den hohen Kosten der Erzeugung des Handelssaatguts. Der *doppelte Bastard* hat sich bei Mais bewährt : die Blütenmorphologie, insbesonders dieser Pflanze vereinfacht wesentlich die Kreuzungen im industriellen Umfange. Bei Futterkohl scheint er gleichfalls ökonmisch verwendbar, und Versuche sind schon im Auslande ins Gange (Cambridge). *Vier Nachkommenschaften* sind dazu nötig, die zu gleicher Zeit *autoinkompatibel* und *untereinander kompatibel* sind und auch eine *gute Kombinationsfähigkeit* haben. Dieses gibt anlass zu *verschiedenen mehr oder weniger komplexen Prufüngen*. Die *synthetische Varietät* kann nach teilweiser Krontrolle der Bestäubung gezchtet werden. Wenn auch weninger perfekt als der doppelte Bastard, ist sie jedoch leichter gu züchten. Die Inzuchtdauer kann vermindert und die Prüfung der Kombinationsfähigkeit vereinfacht werden *(Polycross-test)*.

Die synthetische Sorte mag eine Übergangsform zwischen Massen und mütterlicher Züchtung und dem Doopelbastard darstellen. Der Letzere bleitb zweifellos die Formel der Zukunft.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALLARD R. W., 1960. *Principles of Plant Breeding*. New York, London, John Wiley and Sons, 485 p.

ATTIA M. S., 1950. The nature of incompatibility in cabbage. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **56**, 369-371.

ATTIA M. S., MUNGER H. M., 1950. Self-incompatibility and the production of hybrid cabbage seed. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **56**, 363-368.

BATEMAN A. J., 1954. Self-incompatibility systems in Angiosperms.II *Iberis amara*. *Heredity*, **8**, 305-322.

BATEMAN A. J., 1955. Self-incompatibility systems in Angiosperms. III Crucifereae. *Heredity*, **9**, 53-68.

BRIAN P. W., 1958. Rôle of Gibberellin like hormone in regulation of plant growth and flowering. *Nature*, **181**, 1222-1223.

CATCHESIDE D. G., 1937. Secondary pairing in *Brassica oleracea*. *Cytologia, Fung. jub. vol.*, 336-378.

CRÉHU G du., 1957. Le Chou fourrager : Étude biologique, problèmes variétaux. *Ann. Amélior. Plantes*, **3**, 133-336.

CURRENCE T. M., 1954. Vegetable crops Breeding. *Univ. of Minnesota. Horticulture* 248, 200-218.

DETJEN L. R., 1929. Sterility in common cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Mem. Hort. Soc. New York*, **3**, 277.

EAST E. M., 1929. Self sterility. *Bibl. Genetica*, **5**, 331-370.

EAST E. M., 1934. The reaction of the stigmatic tissue against pollen tube in self-sterile plants. *Proc. nat. Acad. Sci.*, **20**, 364-368.

EYSTER N. H., 1941. The induction of fertility in genetically self-sterile plants. *Science*, **94**, 144-145.

JENKINS M. T., 1935. The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. *Iowa State Coll., J. Sci.*, **3**, 429-450.

JENKINS M. T., BRUNSON A. M., 1932. A method of testing inbred lines of maize in crossbred combinations. *J. Amer. Soc. Agron.*, **24**, 523-530.

JONES D. F., 1918. The effects of inbreeding and cross breeding on development. *Connect. Agric. Exp. Stat. Bull.*, **207**, 1-100.

KAKISAKI Y., 1930. Studies on the genetics and physiology of self-and cross-incompatibility in the common cabbage. (*Br. oler.* L. var. *capitata L.*) *Jap. J. Bota.*, **5**, 103-208.

LAWRENCE W. J. C., 1930. Incompatibility in polyploïds. *Genetica*, **12**, 269-296.

LEWIS D., 1942. Breakdown of self-incompatibility by α naphtalene acetamide. *Nature*, **149**, 610.

LONNQUIST J. H., MC GILL D. P., 1956. Performance of corn synthetics in advanced generations of synthetis and after two cycles of recurrent selection. *Agron. J.*, **48**, 249-253.

LUND H. A., 1956. The biosynthesis of I. A. A. in the styles and ovaries of tobacco preliminary to the setting of fruit. *Plant Physiol.*, **31**, 334.

MISUSHIMA U., KATSUO K. 1953. [A new case of incompatibility in *Brassica oleracea* L. *Jap. J. Breed.*, n°**2**.121-125

NAUNDORF G., 1959. Beitrag zur Frage der Selbsterilität bei *Theobroma Cacao* L. *Gordian*, **59**, 1405-1407.

NORTH C., 1959. A review of recent researches on *Brassica oleracea*. *Scottish Hort. Res. Inst. 6th Annual Report*, 1958-59.

ODLAND M. L., NOLL C. J., 1950. The utilisation of cross-compatibility and self-incompatibility in the production of F_1 hybrid cabbage. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **55**, 391-402.

PANDEY K. K., 1958. Time of the S allele action. *Nature* (London), 181, 1220-1221.

PEARSON O. H., 1929. Observations on the type of sterility in *Brassica oleracea* var. *capitata*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **26**, 34-38.

PEARSON O. H., 1932. Breeding plant of the cabbage group. *California Agric. Exp. Stat. Bull.*, 532.

ROEMER T., 1916. Über die Befruchtungsverhaltnisse verschiedner Formens des Gartenkohls (*Brassica oleracea* L.). *Z. Pflanzenzüchtung*, **4**, 126-141.

SAMPSON D. R., 1957. The genetics of self-and cross-incompatibility in *Brassica oleracea*. *Genetics*, **42**, 254-283.

SEARS E. R., 1937. Cytological phenomena connected with self-sterility in the flowering plants. *Genetics*, **22**, 130-181.

SIKKA S. M., 1940. Cytogenetics of Brassica hybrids and species. *J. Genet.*, **40**.

SHULL G. H., 1909. A pure line method of corn breeding. *Amer. Breed. Assoc. Rept.*, **5**, 51-59.

SPRAGUE G. F., 1946. Early testing of inbred lines of corn. *J. Amer. Soc. Agron.*, **38**, 108-117.

SPRAGUE G. F., TATUM L. A., 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.*, **34**, 923-932.

STOUT A. B., 1922. Cyclic manifestation of sterility in *Brassica pekinensis* and *Brassica chinensis*. *Bot. Gaz.*, **73**, 110-132.

STRAUB J., 1947. Zur Entwicklungsphysiologie der Selbsterilität von Petunia. *Z. Nat. Forsch.*, **1**, 287-291, II, 433-444.

THOMPSON K. F., 1957. Self incompatibility in marrowstemkale, *Brassica oleracea* var. *acephala*. I Demonstration of a sporophytic system. *J. Genet.*, **55**, 45-60.

THOMPSON K. F., 1960. Breeding problems in marrowstemkale. Über Fragen der Züchtung Landwirtschaftlich genutzen. *Cruciferen Vortr. Symp. Inst. für Pflanz. Gröss-Lusewitz.*, 117-126.

THOMPSON K. F., 1961. Plant Breeding Institute-Cambridge. *Annual report* 1960-61, 56-59.

THOMPSON K. F., HOWARD H. W., 1959. Self-incompatibility in marrowstemkale, *Brassica oleracea* var. *acephala*. II Recognition of plants homozygons for S alleles. *J. Genet.*, **56**, 325-340.

THOMPSON R. C., 1933. A morphological study of flower and seed development in cabbage. *J. Agric.*, **47**, 4.

WIERING D., 1958. Artificial pollination of cabbage plants. *Euphytica*, 7, **3**, 223-227.

YASUDA S., 1934. Physiological research on self-incompatibility in *Petunia violacea*. *Bull. Imp. Cool. Agric. and Forest.*, **20**, 1-95.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (2), 203-206.

NOTES TECHNIQUES

UN NOUVEAU CRITÈRE DE DISTINCTION SPÉCIFIQUE SUR GRAINES ENTRE *FESTUCA PRATENSIS* HUDS. ET *FESTUCA ARUNDINACEA* SCHREB.

M. GILLET

avec la collaboration technique de A. HENTGEN

Station d'Amélioration des Plantes fourragères, Lusignan (Vienne)

Les deux espèces de fétuques à feuilles larges, de grand intérêt économique, *Festuca pratensis* HUDS. et *Festuca arundinacea* SCHRED. sont souvent difficiles à distinguer.

A l'état de plantes, il existe des critères quantitatifs (vigueur, tallage, raideur, aspect des nervures, etc...) mais ceux-ci ne permettent que la détermination de cultures placées côte à côte, car leur fluctuation avec le milieu est importante. Un seul caractère morphologique simple permet la reconnaissance sur plantes : la ciliation des oreillettes (CROWDER, 1953).

Sur graines, les deux espèces ne pouvaient de même être jusqu'ici distinguées que par des observations quantitatives (taille, forme), également difficiles à utiliser. Nous signalons ici un critère qualitatif simple : la *présence de petites spicules siliceuses sur la glumelle inférieure.*

Chez *Festuca arundinacea* SCHREB., ces spicules sont plus ou moins nombreuses, mais réparties de la base au sommet de la glumelle (fig. 1 et 2).

Chez *Festuca pratensis* HUDS., on ne les observe éventuellement que dans la zone la plus distale (fig. 3).

Nous avons étudié ce caractère en 1960 sur des graines de familles en sélection, issues de populations d'origines variées :

Festuca pratensis HUDS. : 400 graines ; origines : Nord, Champagne, Normandie, Morvan.

Festuca arundinacea SCHREB. : 500 graines ; origines : États-Unis d'Amérique, Afrique du Nord, Bretagne, Charente.

Il n'y eut aucune exception.

Depuis, nous avons utilisé couramment ce critère qui s'est toujours montré parfaitement valable. Il s'observe à la loupe binoculaire en éclairage latéral rasant

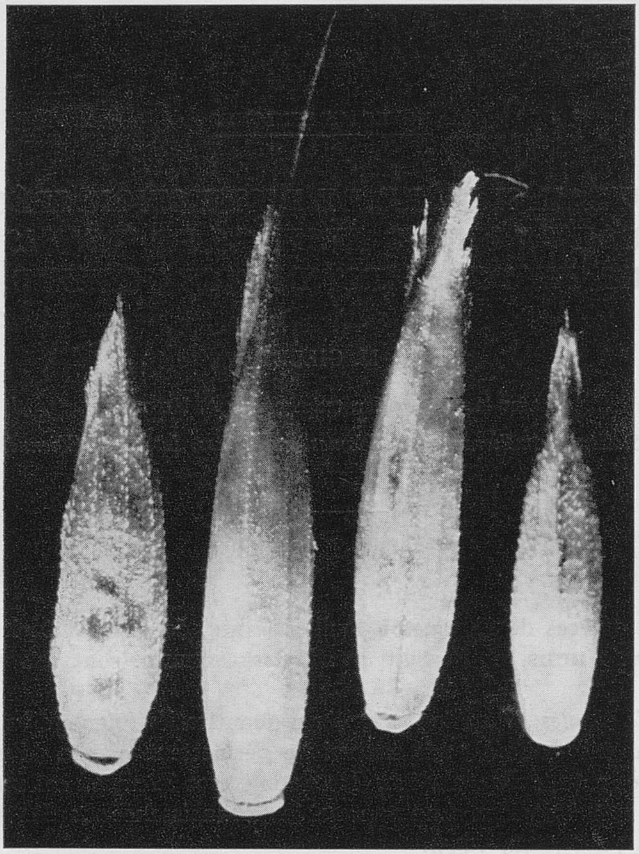


FIG. 1. — *Graines de* Festuca arundinacea SCHREB. *présentant de nombreuses spicules siliceuses sur la glumelle inférieure.*

et demande beaucoup d'attention pour le cas de fétuque élevée à spicules très rares. Il est vraiment exceptionnel de rencontrer une graine de cette espèce sans spicules du tout, celles-ci ayant pu être arrachées par suite des manutentions ou des opérations de conditionnement.

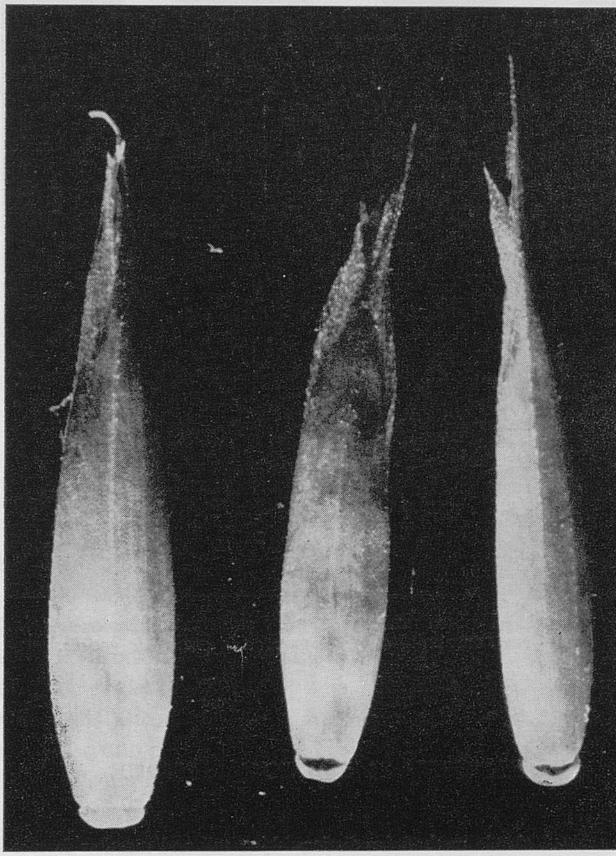


FIG. 2. — *Graines de* Festuca arundinacea SCHREB. *présentant très peu de spicules siliceuses : celles-ci sont réparties le long des nervures (en particulier, les deux nervures latérales présentent leurs spicules de profil sur le fond noir).*

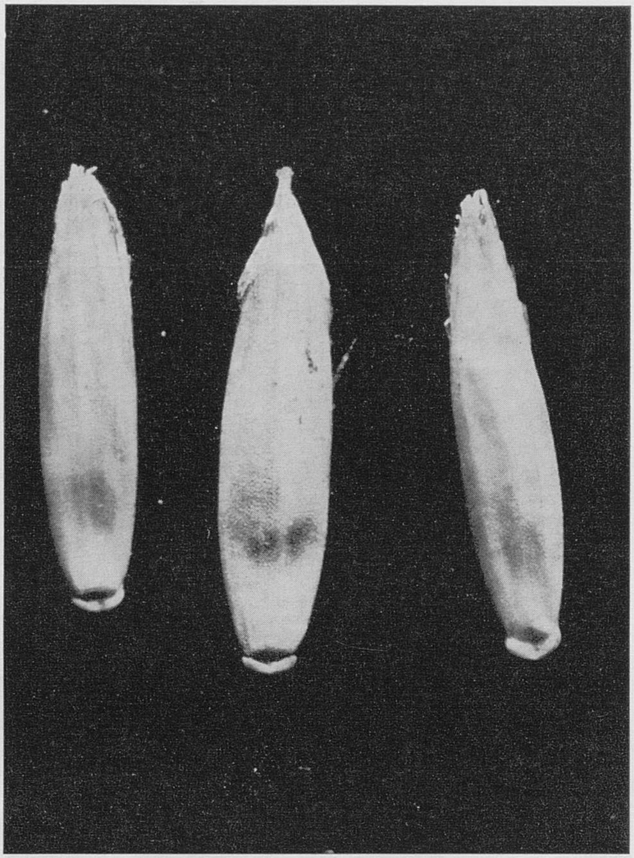


FIG. 3. — *Graines de* Festuca pratensis HUDS. : *remarquer l'absence de spicules siliceuses, sauf sur l'*extrémité *d'une nervure de la graine de gauche.*

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

CROWDER L. W., 1953. A simple method for distinguishing tall and meadow fescue. *Agron. J.*, **25**, 9, 453-454.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (2), 207-218.

QUELQUES OBSERVATIONS SUR L'ASSOCIATION RAY-GRASS D'ITALIE — TRÈFLE INCARNAT

P. BERTHELEM

Station d'Amélioration des Plantes, Centre de Recherches agronomiques de l'Ouest, École nationale supérieure agronomique, Rennes (Ille-et-Vilaine)

I. — INTRODUCTION

Le Trèfle Incarnat est un fourrage annuel traditionnel dans l'Ouest. La qualité de sa récolte lui permet de se maintenir dans de nombreuses exploitations malgré sa sensibilité à divers parasites dont le *Sclerotinia* et l'*Oïdium*. En culture pure, il donne une ou deux productions de printemps mais sa croissance est très faible en hiver et sa repousse nulle en été.

Le Ray-Grass d'Italie, par contre, utilisé dans les mêmes conditions de culture dérobée, peut fournir une production hivernale et sa repousse est très active. Cependant sa qualité est souvent assez moyenne, la fumure azotée étant généralement insuffisante.

L'association de ces deux espèces devrait pouvoir remédier aux défauts de chacune, mieux étaler la production et améliorer la qualité du fourrage tout en réduisant les frais de fumure.

Dans le cadre du programme d'amélioration du Trèfle Incarnat réalisé à la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes, une étude de cette association a été effectuée : la sélection des variétés nouvelles suppose en effet la mise au point d'une technique précise d'exploitation de l'association dont les trois aspects suivants font l'objet de cette note :

1) précocité des variétés,
2) rythme de l'exploitation,
3) densité et peuplement.

II. — RÉSULTATS

1) PRÉCOCITÉ DES VARIÉTÉS

Parmi les trois variétés de Trèfle Incarnat commercialisées, un essai préliminaire nous a fait rejeter le *Tardif à fleur blanche* pour son manque de productivité.

Nous avons donc associé au Ray-Grass Italien *Rina*, les *deux variétés à fleur rouge : le Hâtif* et le *Tardif*. L'essai de 1960-61, bien que très attaqué par le *Sclerotinia* au début du printemps, a démontré que seule la variété tardive était susceptible de bien repousser après la coupe de printemps.

En effet, le Trèfle Incarnat n'a pas une *faculté de repousse* comparable à celle du Ray-Grass Italien : il ne peut repartir après une coupe que dans la mesure où tous les bourgeons n'ont pas été exploités. Lorsque le Ray-Grass *Rina* était au stade « 10 cm de montée », les bourgeons du *Hâtif* étaient à 8 cm et ont été détruits tandis que ceux du *Tardif* n'ont pas été touchés. L'association avec ce dernier contenait naturellement moins de Trèfle. Cependant, comme nous le verrons, il n'est pas indispensable que la première exploitation de printemps soit très riche en Trèfle car le Ray-Grass est encore au stade feuillu ; sa teneur en matière azotée digestible est de l'ordre de 10 p. 100, ce qui est suffisant pour lui conférer une bonne valeur fourragère.

2) RYTHME DE L'EXPLOITATION

Nous avons étudié en 1962, l'influence de l'exploitation d'hiver et de la date de l'exploitation de printemps sur le rendement et la qualité des coupes ultérieures de l'association du Ray-Grass d'Italie *Rina* avec le Trèfle incarnat *Tardif à fleur rouge*. Ce même Trèfle était étudié parallèlement en culture pure. Un témoin *Rina* cultivé seul et sans fumure azotée devait nous donner une idée de la quantité d'azote fournie par le Trèfle au Ray-Grass.

a) *La coupe d'hiver*

Le semis, retardé jusqu'au 19 septembre à cause de la sécheresse de la fin de l'été, et les basses températures de l'hiver, n'ont pas permis de l'effectuer normalement : elle n'a été réalisée que le 22 février 1962. Le Ray-Grass au stade début montée (2-3 cm), avait 25 cm de haut et n'a donné qu'une très faible récolte feuillée de l'ordre de 3,7 t/ha de vert en culture pure et de 1 t/ha en association. Le Trèfle n'était pas encore monté et seules les extrémités des feuilles ont été coupées mais non exploitées. Bien que d'importance pratique nulle, elle aura cependant une répercussion sur les coupes suivantes.

b) *La première exploitation de printemps*

Quatre dates de coupe ont été échelonnées du 13 avril au 2 mai ; ceci représente des sommes de température « levée-récolte » allant de 1 390 à 1 580°. Elles se situent durant une *période de croissance très active ;* au cours de ces vingt jours les points

végétatifs du Trèfle s'élèvent de 4 à 31cm, ceux du Ray-Grass de 7 à 37 cm et il est certain que la date de cette première coupe jouera beaucoup sur la repousse du Trèfle.

Le mélange fourrager sec contient 32 p. 100 de Trèfle le 13 avril et 39 p. 100 une semaine après, taux qui se maintient jusqu'au 2 mai. Pendant cette période les rendements verts croissent de 6,6 à 31 t/ha pour le Trèfle pur et de 9,1 à 27,7 t/ha pour l'association. Grâce à la présence du Ray-Grass, cette dernière est plus riche en matière sèche (13,9 p. 100 contre 11,7 p. 100 pour le Trèfle) et elle fournit davantage de fourrage sec dont la production croît de 1,5 à 3,7 t/ha du 13 avril au 2 mai alors que celle du Trèfle pur ne varie que de 1 à 3 t/ha.

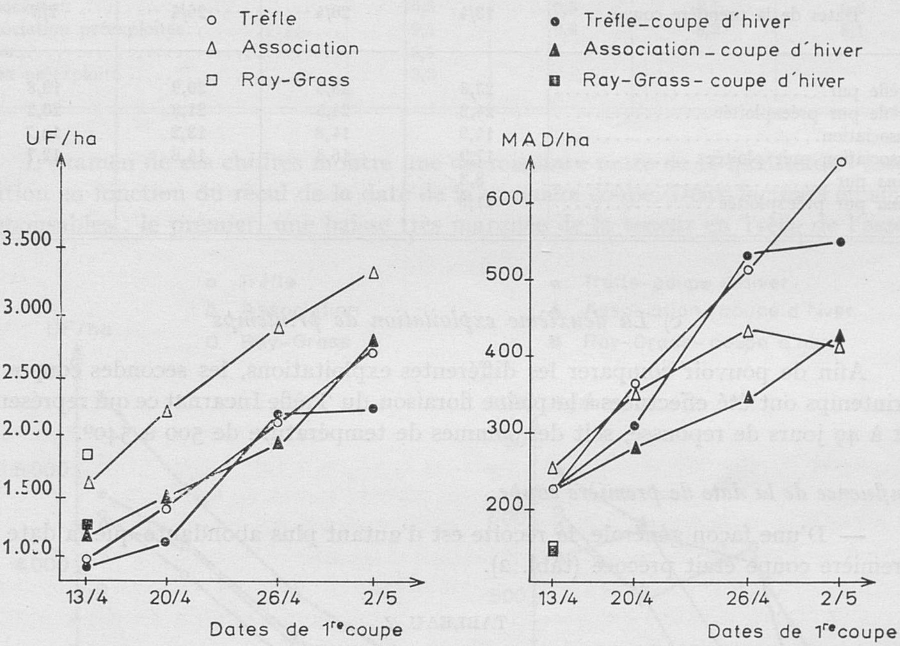


FIG. 1 et 2. — *Rendements de la première coupe de printemps*

Les figures 1 et 2 illustrent l'influence de la date de la première coupe sur les rendements en unités-fourragères/ha et en matière azotée digestible/ha. Pour ces derniers, les teneurs plus élevées du Trèfle pur (22,2 p. 100 au lieu de 14,5 p. 100 pour l'association) lui confèrent un rendement supérieur.

Le Ray-Grass d'Italie en culture pure et sans fumure azotée a le 13 avril des teneurs de 18,3 p. 100 en matière sèche et de 10,1 en matière azotée digestible, il produit 8,8 t de vert mais seulement 161 kg de M.A.D./ha.

Influence de la coupe d'hiver.

Par son effet dépressif sur le Ray-Grass, elle a augmenté la teneur en Trèfle de l'association. De plus, en rajeunissant le stade au moment de l'exploitation, elle a relevé les teneurs en matière azotée digestible non seulement de l'association mais aussi du Trèfle pur qui n'avait pratiquement pas été exploité.

Le tableau 1 met en évidence ces augmentations et explique pourquoi l'influence défavorable de la préexploitation d'hiver sur le rendement de la première coupe est moins marquée pour la matière azotée digestible que pour les unités fourragères comme il apparaît dans les figures 1 et 2.

Nous allons maintenant suivre la repousse de printemps et voir dans quelle mesure les exploitations déjà effectuées vont influer sur le rendement et la qualité du fourrage récolté.

TABLEAU 1

Teneurs en MAD p. 100 de la MS de la première coupe

Dates de la première coupe	13/4	20/4	26/4	2/5
Trèfle pur	23,3	23,5	20,9	19,8
Trèfle pur préexploitée	24,2	24,5	21,3	20,2
Association	14,9	14,8	13,2	10,7
Association préexploitée	17,9	16,8	14,8	12,7
Rina pur	8,3			
Rina pur préexploitée	11,9			

c) *La deuxième exploitation de printemps*

Afin de pouvoir comparer les différentes exploitations, les secondes coupes de printemps ont été effectuées à la pleine floraison du Trèfle Incarnat ce qui représente 41 à 49 jours de repousse, soit des sommes de température de 500 à 540°.

Influence de la date de première coupe.

— D'une façon générale, la récolte est d'autant plus abondante que la date de première coupe était précoce (tabl. 2).

TABLEAU 2

Rendements verts de la seconde coupe en fonction de la date de première coupe

Dates de la première coupe	13/4	20/4	26/4	2/5
Trèfle pur	49,6	47,6	35,1	12,7
Trèfle pur préexploité	51,3	51,2	34,1	19,8
Association	40,3	37,4	22,3	17,7
Association préexploitée	45,3	43,1	28,5	18,9
Rina	18,4			
Rina préexploité	16,1			

— En fourrage sec, la baisse des rendements due au recul de la date de première coupe est atténuée par l'augmentation inverse de la teneur en matière sèche qui passe de 15 à 20 p.100 pour l'association.

— En ce qui concerne la qualité, le tableau 3 indique la variation de la teneur en matière azotée digestible en p. 100 de la matière sèche.

TABLEAU 3

Teneur en MAD p. 100 MS de la seconde coupe

Dates de la première coupe	13/4	20/4	26/4	2/5
Trèfle pur	11,2	9,7	15,3	13,0
Trèfle pur préexploité	9,5	10,7	14,3	14,0
Association	10,5	9,3	6,7	6,2
Association préexploitée	9,4	9,8	8,3	6,1
Rina	3,4			
Rina préexploité	3,3			

L'examen de ces chiffres montre une décroissance nette de la qualité de l'association en fonction du recul de la date de la première coupe. Deux facteurs en sont responsables : le premier, une baisse très marquée de la teneur en Trèfle de l'asso-

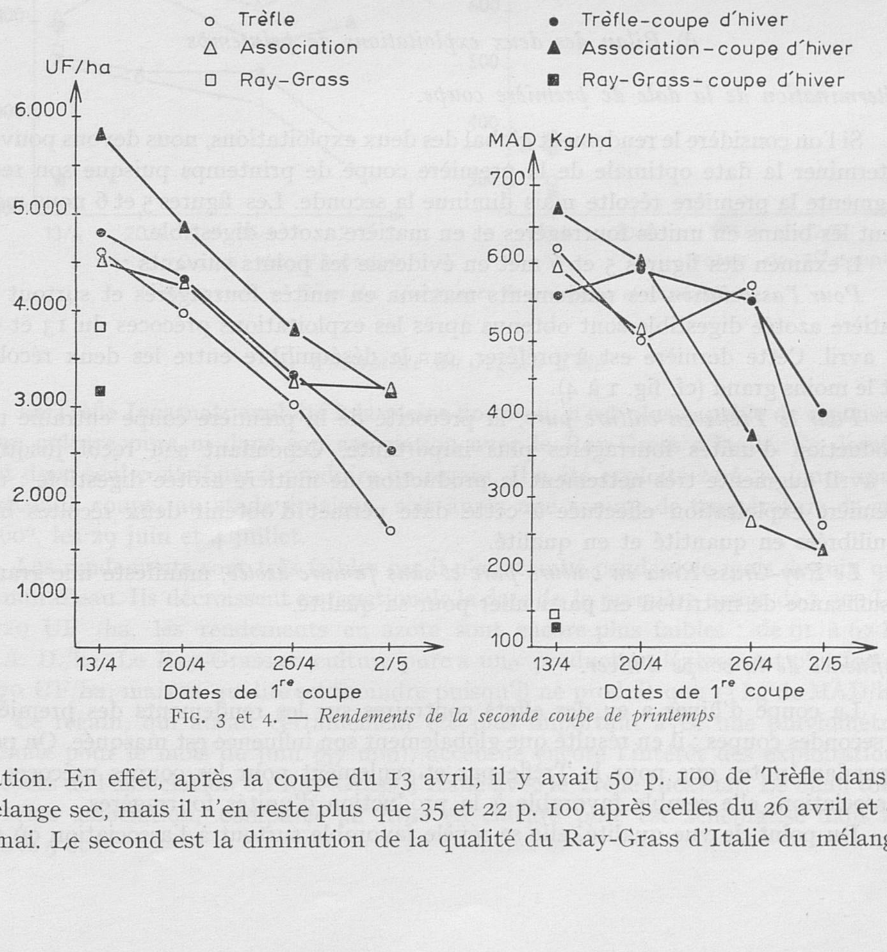


FIG. 3 et 4. — *Rendements de la seconde coupe de printemps*

ciation. En effet, après la coupe du 13 avril, il y avait 50 p. 100 de Trèfle dans le mélange sec, mais il n'en reste plus que 35 et 22 p. 100 après celles du 26 avril et du 2 mai. Le second est la diminution de la qualité du Ray-Grass d'Italie du mélange,

sa teneur en MAD p. 100 de la M. S., déjà faible dans la récolte effectuée après une première coupe précoce (5,9 p. 100), s'abaisse à 4,2 p. 100 après une première coupe tardive. Ces teneurs sont néanmoins supérieures à celles du *Rina* en culture pure et n'ayant pas reçu de fumure azotée.

Ces différentes constatations se trouvent résumées par les figures 3 et 4 relatives aux rendements en unités fourragères et en kg de matière azotée digestible à l'hectare.

Influence de la coupe d'hiver.

La coupe d'hiver a eu sur la première coupe de printemps un effet dépressif tout en améliorant la qualité. Bien que son influence soit encore plus lointaine, son effet sur la seconde exploitation est nettement favorable aussi bien en ce qui concerne la qualité que la quantité de fourrage récolté. Les tableaux 2 des rendements verts et 3 des teneurs en matière azotée digestible ainsi que les figures 3 et 4 le démontrent assez clairement.

D'une façon générale, la coupe d'hiver a donc diminué la concurrence du Ray-Grass : par exemple, après la coupe du 26 avril, il n'y avait que 24 p. 100 de Trèfle en l'absence d'exploitation d'hiver, contre 45 p. 100 lorsqu'elle avait été effectuée.

d) *Bilan des deux exploitations de printemps*

Détermination de la date de première coupe.

Si l'on considère le rendement global des deux exploitations, nous devons pouvoir déterminer la date optimale de la première coupe de printemps puisque son recul augmente la première récolte mais diminue la seconde. Les figures 5 et 6 nous montrent les bilans en unités fourragères et en matière azotée digestible.

L'examen des figures 5 et 6 met en évidence les points suivants :

Pour l'association les rendements maxima en unités fourragères et surtout en matière azotée digestible sont obtenus après les exploitations précoces du 13 et du 20 avril. Cette dernière est à préférer, car le déséquilibre entre les deux récoltes est le moins grand (cf. fig. 1 à 4).

Pour le Trèfle en culture pure, la précocité de la première coupe entraîne une production d'unités fourragères plus importante. Cependant son recul jusqu'au 26 avril augmente très nettement la production de matière azotée digestible : une première exploitation effectuée à cette date permet d'obtenir deux récoltes bien équilibrées en quantité et en qualité.

Le Ray-Grass Rina en culture pure et sans fumure azotée, manifeste une grande insuffisance de nutrition en particulier pour sa qualité.

Influence de la coupe d'hiver.

La coupe d'hiver a eu des effets contraires sur les rendements des premières et secondes coupes ; il en résulte que globalement son influence est masquée. On peut cependant noter que pour le Trèfle pur et seulement pour les coupes précoces de l'association, elle semble favorable à la production d'unités fourragères.

Du point de vue qualité, elle se révèle favorable surtout à l'association où elle

permet non seulement d'augmenter la teneur en matière azotée digestible mais aussi d'empêcher le Ray-Grass d'étouffer le Trèfle.

Il est important de souligner qu'en année normale, elle aurait permis d'obtenir une récolte très précoce, que les conditions de 1962 n'ont pas permises.

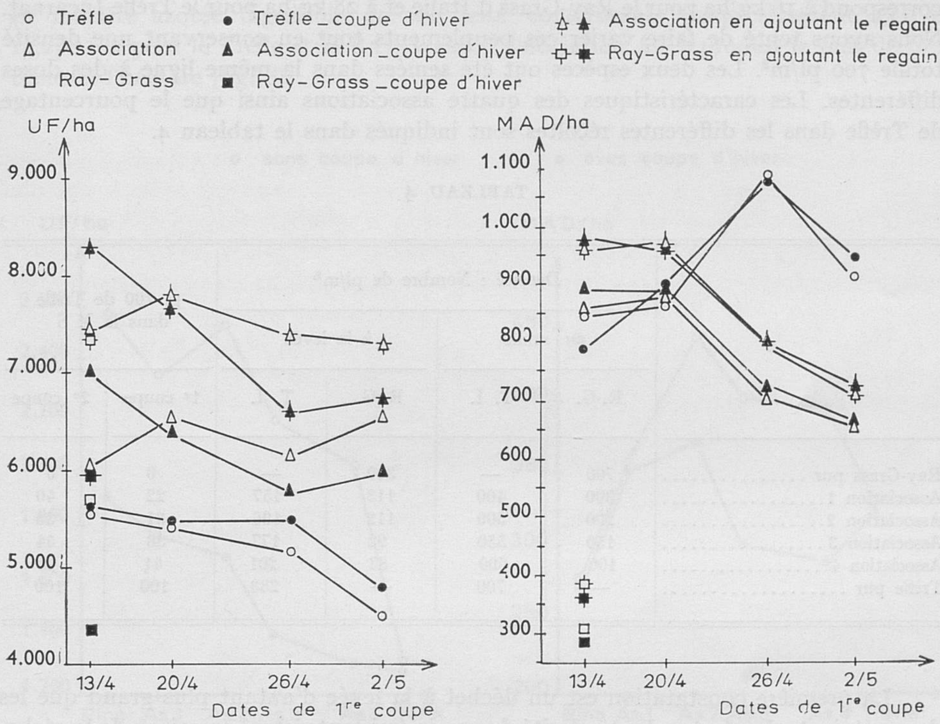


FIG. 5 et 6. — *Bilan des deux coupes de printemps et du regain*

e) *Possibilité du regain d'été*

Le Trèfle Incarnat, exploité à la pleine floraison, n'est plus capable de repousser ni en culture pure ni dans son association avec le Ray-Grass d'Italie. Ce dernier peut donc seul contribuer à produire un regain. Il a été exploité 22 à 29 jours après la seconde coupe, au stade épiaison, soit après une somme de température de 360 à 460°, les 29 juin et 4 juillet.

Les rendements sont très faibles car il n'est tombé pendant le mois de juin que 1,4 mm d'eau. Ils décroissent en fonction de la date de la première coupe de 1 300 UF à 720 UF /ha, les rendements en azote sont encore plus faibles : de 91 à 67 kg M. A. D./ha. Le Ray-Grass en culture pure a une production légèrement plus forte : 1 670 UF/ha, mais sa qualité est moindre puisqu'il ne produit que 73 kg de MAD/ha.

Ce regain, qui aurait certainement été plus important avec une pluviométrie normale pour le mois de juin (57 mm), accentue encore l'intérêt des exploitations précoces de l'association du Ray-Grass d'Italie avec le Trèfle Incarnat. Le bilan total de cette association, comparée au *Rina* en culture pure est schématisé dans les figures 5 et 6.

3) Densité de semis et peuplement de l'association

Les densités des deux cultures pures sont de l'ordre de 700 plantes au m² ce qui correspond à 16 kg/ha pour le Ray-Grass d'Italie et à 28 kg/ha pour le Trèfle Incarnat. Nous avons tenté de faire varier ces peuplements tout en conservant une densité totale 700 pl/m². Les deux espèces ont été semées dans la même ligne à des doses différentes. Les caractéristiques des quatre associations ainsi que le pourcentage de Trèfle dans les différentes récoltes sont indiqués dans le tableau 4.

TABLEAU 4

	Densité : Nombre de pl/m²				p. 100 de Trèfle dans la M S	
	au semis		à la levée			
	R.-G.	T. I.	R.-G.	T. I.	1e coupe	2e coupe
Ray-Grass pur	700	—	300	—	0	0
Association 1	300	400	113	157	22	40
Association 2	200	500	112	196	31	38
Association 3	150	550	92	177	38	44
Association 4	100	600	83	201	41	48
Trèfle pur	—	700	—	233	100	100

La première constatation est un déchet à la levée d'autant plus grand que les doses étaient plus fortes. La tardivité du semis (mi-septembre, en raison de la sécheresse) en est sans doute responsable. Il en est résulté un éventail de peuplement plus restreint que celui que l'on désirait mais dont la répercussion sur la composition du mélange récolté est cependant assez marquée.

L'essai a subi une exploitation d'hiver le 22 février, une première coupe précoce le 13 avril, une seconde le 7 juin à la pleine floraison du Trèfle Incarnat et un regain le 4 juillet, ce qui permet de le comparer à la première exploitation de l'essai précédent.

Importance du Trèfle dans la récolte.

Le tableau 4 nous indique, pour la première coupe, une décroissance assez marquée de la teneur du fourrage en Trèfle en fonction de sa densité relative au moment du semis. A la seconde coupe cette teneur est plus élevée et l'influence du peuplement est en partie supplantée par celle de la première coupe qui a favorisé davantage le Trèfle lorsqu'il était moins dense.

La coupe d'hiver favorise également le Trèfle puisque son taux s'élève de 30 à 36 p. 100 à la première coupe et de 39 à 46 p. 100 à la seconde.

Ces variations, bien qu'assez faibles, auront cependant une influence notable sur les rendements et la qualité de la récolte.

Première coupe de printemps.

En première coupe, c'est le Ray-Grass qui participe le plus au rendement et ce sont les associations les plus riches en *Rina* (As. 1 et As. 2) qui produisent le plus d'unités fourragères à l'hectare comme l'indique la figure 7. Grâce à la bonne teneur en matière azotée digestible de ses deux constituants (respectivement 23,9 et 13,2p. 100 pour le Trèfle et le Ray-Grass), l'association As. 2 produit le plus de protéines à l'hectare (fig. 8).

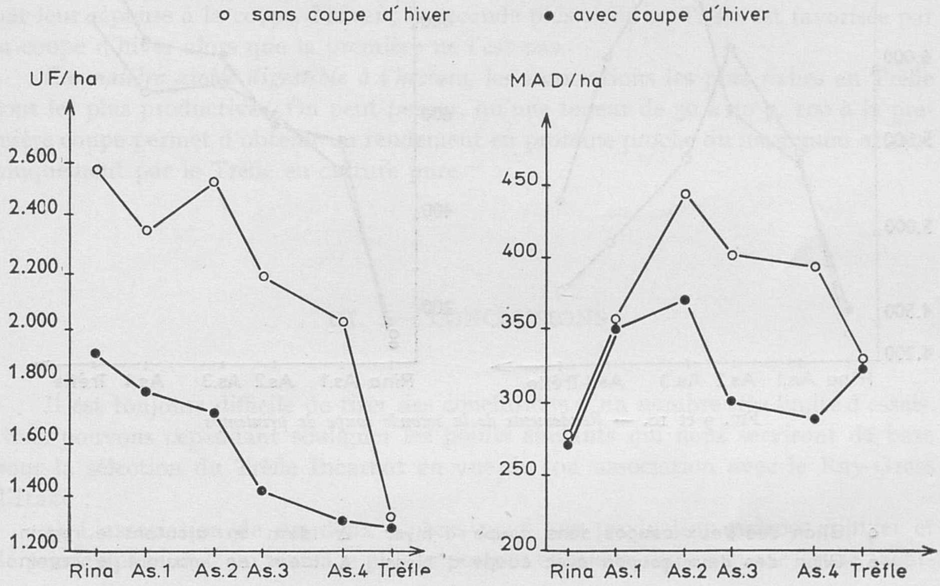


FIG. 7 et 8. — *Rendements de la première coupe de printemps*

Il est intéressant de souligner à nouveau l'influence dépressive de la coupe d'hiver sur le *Rina* pur et sur les associations.

Deuxième coupe de printemps.

En seconde exploitation (fig. 9 et 10) *Rina* en culture pure manifeste sa carence en fumure azotée. Il en est de même de l'association As. 1 qui contient le plus de Ray-Grass. Par contre les deux associations As. 2 et As. 3, où le pourcentage de Trèfle est plus important, donnent les meilleurs résultats en unités fourragères.

En ce qui concerne les rendements en azote, il y a croissance des rendements en matière azotée digestible à l'ha en fonction de la teneur en Trèfle du mélange ainsi que le montre la figure 10.

Comme pour l'essai précédent, la réalisation de la coupe d'hiver augmente les rendements de cette seconde coupe et il semble qu'elle est d'autant plus favorable qu'il y a plus de Trèfle dans le mélange.

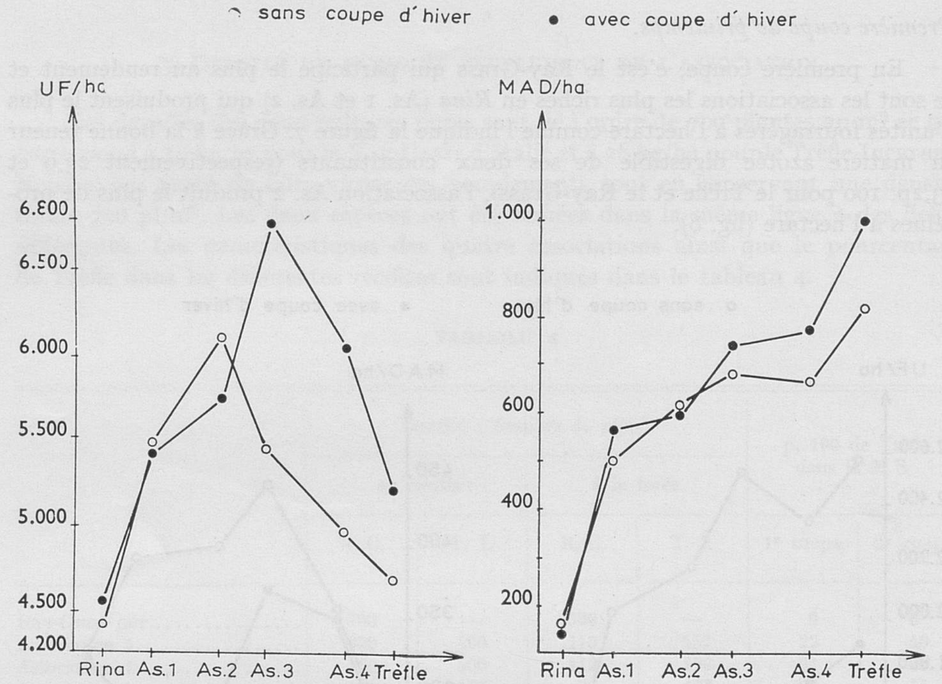


FIG. 9 et 10. — *Rendements de la seconde coupe de printemps*

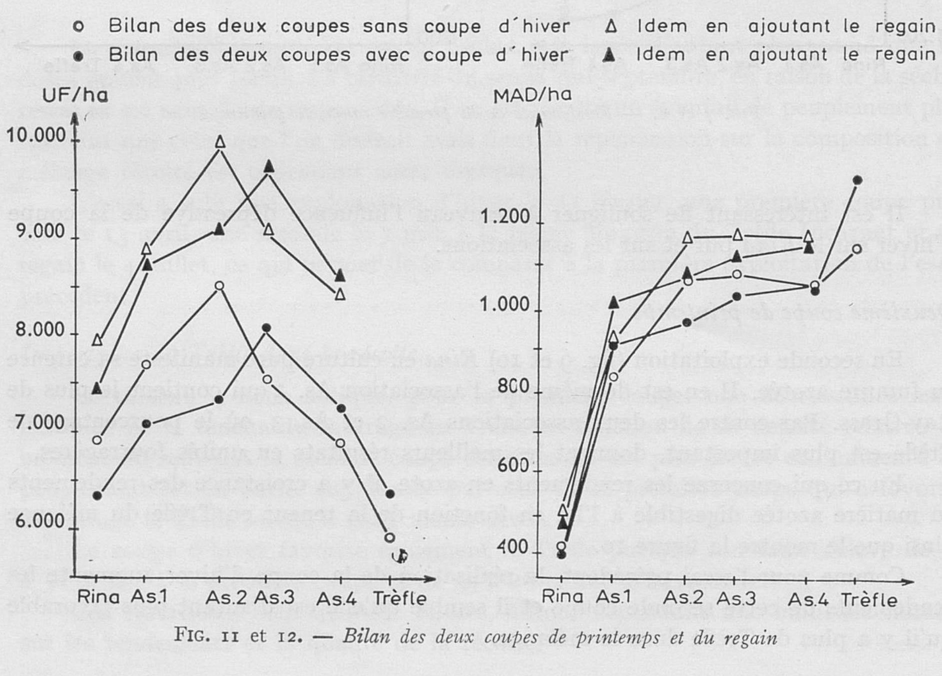


FIG. 11 et 12. — *Bilan des deux coupes de printemps et du regain*

Bilan de l'exploitation.

Les figures 11 et 12 représentent les bilans des deux exploitations de printemps, ainsi que la production totale comprenant le regain de Ray-Grass d'Italie. Les conclusions que l'on peut en tirer sont à peu près comparables, car le regain, faible, a été peu affecté par les exploitations précédentes.

En unités fourragères, toutes les associations se révèlent plus productives que les cultures pures du Ray-Grass et du Trèfle Incarnat. Parmi elles, les deux moyennes As. 2 et As. 3 donnent les meilleurs résultats. Elles diffèrent cependant entre elles par leur réponse à la coupe d'hiver ; la seconde plus riche en Trèfle est favorisée par la coupe d'hiver alors que la première ne l'est pas.

En matière azotée digestible à l'hectare, les associations les plus riches en Trèfle sont les plus productives. On peut penser, qu'une teneur de 30 à 40 p. 100 à la première coupe permet d'obtenir un rendement en protéine proche du maximum atteint uniquement par le Trèfle en culture pure.

III. — CONCLUSIONS

Il est toujours difficile de tirer des conclusions d'un nombre très limité d'essais. Nous pouvons cependant souligner les points suivants qui nous serviront de base pour la sélection du Trèfle Incarnat en vue de son association avec le Ray-Grass d'Italie :

1) L'association de ces deux espèces pour une production précoce d'hiver et de printemps fournit un fourrage plus important et mieux réparti que le Trèfle Incarnat en culture pure.

2) Sa réussite nécessite le choix d'une variété tardive de Trèfle et d'exploitations suffisamment précoces pour que celui-ci puisse procurer une deuxième coupe importante.

3) La qualité du fourrage est fonction de l'équilibre du mélange. Du fait des conditions de levée différentes pour les deux espèces, il sera parfois difficile d'atteindre un peuplement relatif à la levée satisfaisant. Celui-ci semble se situer entre 1,75 et 2, si on l'exprime en nombre de plantes de Trèfle par plantes de Ray-Grass. Ce peuplement était réalisé avec des doses de 5,7 kg de Ray-Grass et 18 kg/ha de Trèfle, semés dans la même ligne, en 1961-62. Le semis en lignes alternées devrait pouvoir diminuer la concurrence à la levée entre les deux espèces et permettre d'atteindre plus sûrement l'équilibre souhaité.

4) Suivant l'importance relative de l'une ou de l'autre des espèces, l'exploitation d'hiver et surtout la première coupe de printemps pourront, dans une certaine mesure, rétablir l'équilibre, une coupe tardive favorisant davantage le Ray-Grass que le Trèfle.

5) Ces essais n'ont reçu qu'une bonne fumure de fond mais aucune fumure azotée. Le Ray-Grass d'Italie, qui en est particulièrement exigeant, accuse nettement l'absence de cette dernière, surtout en ce qui concerne la qualité du fourrage récolté.

Les associations, bien équilibrées et exploitées convenablement, lui sont de beaucoup supérieures dans ces mêmes conditions. Ceci souligne très nettement leur intérêt. Il serait cependant souhaitable de reprendre cette expérimentation dans des terres moins riches et en soumettant le Ray-Grass d'Italie en culture pure et son association avec le Trèfle Incarnat à des essais de fumure azotée.

Reçu pour publication en novembre 1963.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (2), 219-225.

MODIFICATIONS DE LA CROISSANCE ET DU DÉVELOPPEMENT DE L'ARTICHAUT PROVOQUÉES PAR LA GIBBÉRELLINE

Ed. POCHARD

avec la collaboration technique de D. CHAMBONNET

Station d'Amélioration des Plantes maraîchères,
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Est, Montfavet (Vaucluse)

SOMMAIRE

Des traitements répétés par la gibbérelline induisent des transformations profondes de la structure de la plante d'Artichaut, particulièrement de la forme des feuilles. Ils provoquent aussi, dans certains cas, une avance de cinq à quinze jours dans la date d'apparition du capitule principal. Cette montaison hâtée s'accompagne de modifications de la forme du capitule qui le rendent impropre à la commercialisation.

INTRODUCTION

L'Artichaut occupe une place importante parmi les légumes de plein champ cultivés dans les régions méridionales. La récolte s'étend sur une grande partie de l'année, présentant un premier maximum au mois de mai et un second, de moindre importance, au mois de septembre. C'est donc une plante qui s'accommode de conditions climatiques variées.

Cependant cette extrême plasticité a pour corollaire une grande sensibilité aux variations annuelles du climat, entraînant une certaine difficulté, pour l'agriculteur, d'obtenir la fructification à une date choisie. Il en est ainsi de la production d'automne que l'on cherche à obtenir aussi tardive que possible, ce qui ne va pas sans risques.

Le mode de multiplication particulier à l'Artichaut, aggrave considérablement les risques généraux liés au milieu. La reproduction s'effectue, en effet, au moyen de

boutures de rameaux axillaires, appelés œilletons, formés sur la partie souterraine de la tige. Ces boutures ont une reprise lente et très irrégulière. De plus, il existe une gamme étendue de types morphologiques parmi les œilletons présents sur un même pied mère, et leur aptitude à former des capitules est très variable et impossible à estimer. Dans une plantation effectuée avec soin, on observe souvent un écart de deux mois et plus entre les plantes les plus avancées et les plus attardées.

Il a paru intéressant d'étudier l'effet de la gibbérelline sur la montaison de l'Artichaut, dans l'espoir d'en régulariser le déroulement.

De nombreuses références font état, en effet, de l'accélération de la mise à fleur obtenue chez certaines plantes annuelles ou bisannuelles dans des conditions de milieu peu inductives. Une revue des principaux travaux effectués jusqu'en 1958 a été faite par WITTWER et BUKOVAC (1958). Des résultats intéressants ont été obtenus par GILLOT et PHILOUZE (1962) sur la Laitue. Par contre, BONNET (1959) sur la variété d'Artichaut *Macau de Bordeaux*, n'a pas obtenu d'avance à la montaison, mais, des changements dans la forme des capitules et des feuilles.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel végétal à l'essai comprend à la fois des plantes obtenues par multiplication végétative et des plantes issues de graines. Ces dernières peuvent, en effet, servir de référence ; il peut être intéressant, d'autre part, de tenter de raccourcir, à des fins de sélection, leur cycle végétatif qui s'étend normalement de septembre à août.

Les plantes obtenues par multiplication asexuée sont du type *Violet de Provence* et appartiennent à trois clones : VP 5, VP 41, et VP 106, qui peuvent être considérés comme identiques pour les caractères qui nous intéressent ici.

Les plantes obtenues par voie sexuée proviennent d'une part de la variété *Camus de Bretagne*, d'autre part de la variété *Violet de Provence* (VP 401).

Les traitements à la gibbérelline ont lieu chaque semaine, à la dose uniforme de 100 microgrammes par plante, sous forme de 1 cc. de solution aqueuse déposée au centre de la rosette.

La date d'application, la durée des traitements et le type de notations varient suivant les essais et seront précisés au cours de l'exposé des résultats.

RÉSULTATS OBTENUS

1) *Essai en serre pendant la saison hivernale.*

L'essai porte sur des plantes issues de semis, du type *Camus de Bretagne*, âgées de trois mois. Les plantes sont au nombre de six traitées et six témoins, leur grande taille empêchant d'en observer davantage dans le cadre d'une serre. Le premier traitement a lieu le 26 octobre. Sept traitements consécutifs sont appliqués.

Les plantes sont coupées et leur apex est examiné à l'âge de huit mois, soit début avril. Aucune ne présente alors d'ébauche de capitule.

Dans les conditions non inductives de la serre, la gibbérelline semble incapable de provoquer la mise à fruit. Des plantes de même âge demeurées en plein champ présentent, à la même époque, des ébauches de capitule déjà bien visibles.

Par contre, des transformations morphologiques très importantes se sont produites. La figure 1, réalisée d'après des photographies, traduit une partie de ces modifications.

Au début du traitement, les feuilles sont toutes profondément divisées, les pennes étant elles-mêmes lobées. La tige ne dépasse pas le niveau du sol. Pendant toute la durée de l'essai, les témoins conservent cet aspect, la tige atteignant environ 2 cm au moment de l'arrachage.

Chez les plantes traitées, on observe, dès les premiers jours, un changement dans le port qui devient très érigé. L'élongation de la tige devient apparente quinze jours à trois semaines plus tard, suivant les plantes. Au moment du dernier traitement,

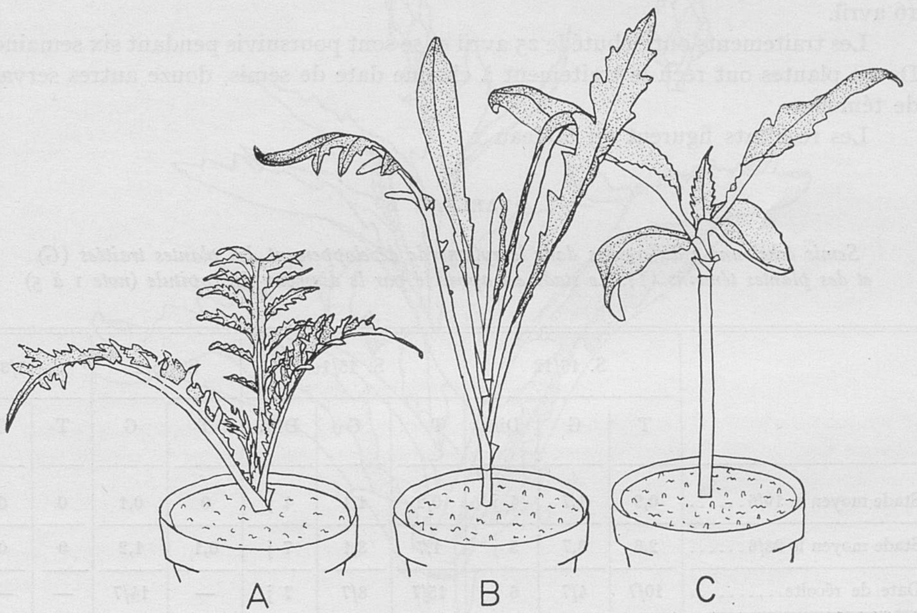


FIG. 1. — *Aspect des plantes au début du traitement* (A), *au septième traitement* (B) *et un mois plus tard* (C). (*Échelle : diamètre des pots = 24 cm*)

la tige s'est allongée de 5 à 20 cm. Pendant que se produit cette élongation, on peut voir les divisions des feuilles se simplifier jusqu'à devenir de simples dents. Des feuilles entières sont même visibles au centre du bouquet foliaire. Un mois après le dernier traitement, l'élongation de la tige est achevée, atteignant 15 à 40 cm. Les feuilles sont entières mais l'on commence à voir apparaître de très jeunes feuilles portant des denticulations. A l'arrachage, la rosette initiale est reconstituée, et ne comporte que des feuilles pennées.

On constate ainsi une étroite relation entre le rythme d'élongation de la tige et la forme des feuilles. Cette relation peut être observée également dans les conditions naturelles et semble donc assez générale :

— les œilletons développés à partir d'yeux profondément enterrés présentent une croissance très active de la tige et portent, très généralement, des feuilles entières, au contraire de ceux formés au niveau du collet de la plante ;

— les jeunes boutures possédant des feuilles pennées présentent souvent, après la reprise, quelques feuilles entières dont l'apparition coïncide avec une élongation temporaire de la tige.

2) *Essais de plein champ au printemps.*

a) *Application de gibbérelline à des semis échelonnés.*

Les semis (*Violet de Provence* VP 401) ont eu lieu les 15 décembre, 15 janvier, 15 février, et 15 mars. Les plantes ont été repiquées en châssis et mises en place le 16 avril.

Les traitements ont débuté le 25 avril et se sont poursuivis pendant six semaines. Douze plantes ont reçu le traitement à chaque date de semis, douze autres servant de témoins.

Les résultats figurent au tableau 1.

TABLEAU 1

Semis échelonné : différences dans le rythme de développement des plantes traitées (G) et des plantes témoins (T). Le stade est apprécié par le diamètre du capitule (note 1 à 5)

	S. 15/12			S. 15/1			S. 15/2		S. 15/3	
	T	G	Diff.	T	G	Diff.	T	G	T	G
Stade moyen le 19/6......	0,9	1,7	4 j	0,2	1,1	4 j	0	0,1	0	0
Stade moyen le 28/6......	2,6	3,7	5 j	1,7	3,1	7 j	0,1	1,2	0	0
Date de récolte..........	10/7	4/7	6 j	15/7	8/7	7 j	—	14/7	—	—
% de plantes montées....	100	100		100	100		8	75	0	33

Dès le début de la montaison, le degré d'évolution des différents lots est estimé grâce à des stades-repères numérotés de 1 à 5 et séparés par des intervalles d'environ cinq jours à cette époque de l'année.

Sur les deux premiers semis, la montaison se produit à 100 p. 100. On observe alors une avance de six à sept jours dans les lots traités.

Sur les semis les plus tardifs, la montaison est faible ou nulle chez les témoins. Par contre on observe les pourcentages de 75 p. 100 et 33 p. 100 chez les traités.

Il semble ainsi que la gibbérelline puisse provoquer une accélération des processus qui précèdent la différenciation de l'ébauche de capitule, rendant ainsi possible la formation de capitules en conditions de moins en moins inductives. On assisterait ainsi à une diminution apparente du niveau de « froid » ou de « jour » court nécessaire à la montaison.

b) *Essai sur plantes en multiplication clonale.*

Les rhizomes ont été prélevés le 14 février et transportés en couche chaude. Les yeux axillaires se sont alors développés en œilletons. La mise en place a été effectuée le 16 avril, et les traitements ont été les mêmes que pour les semis. Douze plantes ont été traitées et douze gardées comme témoins dans chacun des clones (VP 41 et VP 106).

La montaison se produit à 100 p. 100. L'avance des lots traités est alors, en moyenne, de six à sept jours. A la récolte, l'avance atteint sept jours (VP 106) et

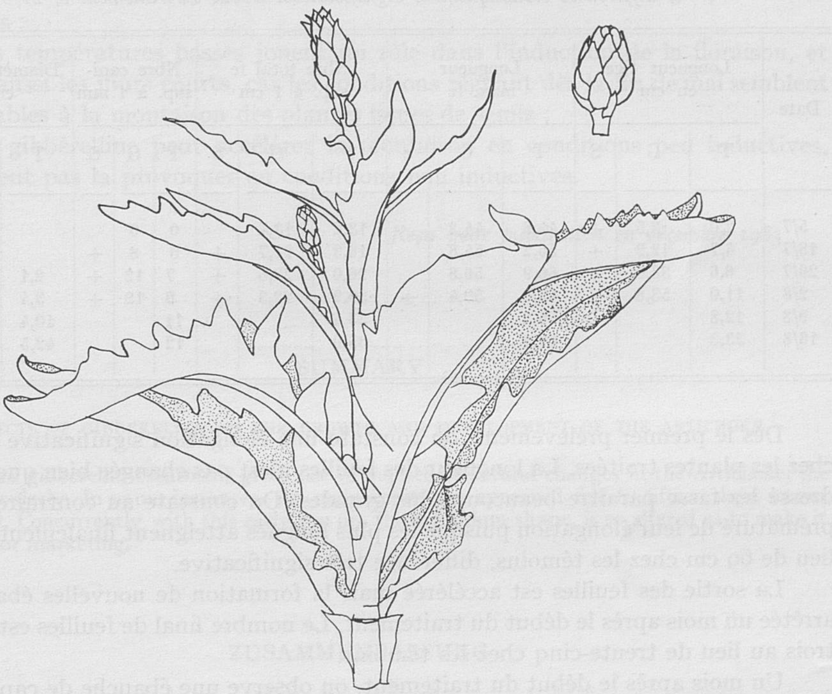


FIG. 2. — *Aspect des plantes traitées : en médaillon, capitule témoin. Taille de la plante = environ 1 m*

douze jours (VP 41). Il y a donc une réponse positive incontestable : lorsque la montaison se produit au mois de juin, la gibbérelline peut en accélérer le processus et hâter la récolte d'une manière non négligeable.

Malheureusement, ce phénomène s'accompagne de déformations du capitule le rendant impropre à la commercialisation. La couleur est atténuée. On observe parfois des lésions sur l'extrémité des bractées. La figure 2 montre l'aspect général des plantes traitées. Les feuilles sont anormalement larges, et ne sont pas pennées mais presque entières.

3) *Essai de plein champ en production automnale*

Les œilletons, appartenant au clone VP 5, ont été prélevés au champ le 27 mai et mis en place directement. En année normale, ce type de plantation conduit à une

production du mois de septembre. En 1963 la montaison a été plus précoce de trois semaines ; il semble que l'hiver exceptionnellement froid en soit la cause initiale.

Le premier traitement a été réalisé le 21 juin. Six prélèvements ont été effectués, comprenant chaque fois douze plantes traitées et douze plantes témoins, réparties en deux blocs. Les arrachages ont eu lieu tous les quinze jours, puis tous les sept jours.

Les principales observations sont portées sur le tableau 2.

TABLEAU 2

Caractéristiques des plantes traitées (G) et témoins (T)
+ = différences statistiquement significatives. Début du traitement le 21/6

Date	Longueur tige en cm			Longueur max. fe			Nbre total fe sup. à 1 cm			Nbre capi- sup. à 1 mm			Diamètre capitule en mm		
	T	G	S	T	G	S	T	G	S	T	G	S	T	G	S
5/7	2,0	3,5	+	44,8	44,3		13,2	13,4		0	0				
18/7	4,7	12,9	+	56,2	54,8		18,3	21,7	+	0	8	+		4,3	
26/7	6,6	33,9	+	60,9	56,8		26,0	23,6	+	7	12	+	2,1	32,0	+
2/8	11,0	53,8	+	65,8	59,4	+	30,9	22,3	+	9	12	+	3,4	65,0	+
9/8	12,8			66,2			33,4			11			10,4		
16/8	33,3			69,2			35,0			12			42,5		

Dès le premier prélèvement, on constate une élongation significative de la tige chez les plantes traitées. La longueur des feuilles n'est pas changée bien que leur port dressé les fasse paraître beaucoup plus grandes. On constate au contraire un arrêt prématuré de leur élongation puisque les plus longues atteignent finalement 59 cm au lieu de 69 cm chez les témoins, différence très significative.

La sortie des feuilles est accélérée mais la formation de nouvelles ébauches est arrêtée un mois après le début du traitement. Le nombre final de feuilles est de vingt-trois au lieu de trente-cinq chez les témoins.

Un mois après le début du traitement, on observe une ébauche de capitule d'au moins un millimètre de diamètre chez huit plantes sur douze, alors que les témoins n'en présentent aucune. L'avance à la montaison est d'environ quinze jours par rapport aux témoins, mais comme l'évolution du capitule est nettement plus rapide, c'est, finalement, un écart d'une vingtaine de jours qui peut être observé à la récolte.

Les déformations sont tout à fait comparables à celles qui ont été schématisées dans la figure 2. Les capitules seraient très difficilement vendables.

DISCUSSION

Des résultats aussi fragmentaires ne permettent pas de donner des indications précises pour un éventuel emploi de la gibbérelline dans la pratique agricole. Il est possible qu'en utilisant des doses plus faibles, et surtout en effectuant les traitements à un stade très précis, on puisse obtenir des effets bénéfiques sans craindre d'abîmer

la récolte. Mais cela supposerait que l'on sache reconnaître le stade atteint par les plantes avant que ne se produise la montaison, et surtout que l'on puisse avoir une homogénéité suffisante dans le développement des plantes d'un même champ, ce qui est rarement le cas.

De tels essais sont cependant très utiles, d'un point de vue théorique, car ils permettent de préciser certains aspects de la physiologie du développement de l'Artichaut, plante pour laquelle on ne dispose que de très peu d'information. Les quelques résultats obtenus mettent en lumière les points suivants :

— il existe une relation étroite entre l'état d'élongation de la tige et la forme des feuilles ;

— les températures basses jouent un rôle dans l'induction de la floraison, et peut être aussi les jours courts, car les conditions régnant dès la fin de mai semblent peu favorables à la montaison des plantes issues de semis ;

— la gibbérelline peut accélérer la montaison en conditions peu inductives, mais ne peut pas la provoquer en conditions non inductives.

Reçu pour publication en décembre 1963

SUMMARY

EFFECTS OF GIBBERELLIN ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE ARTICHOKE

Repeated gibberellin treatment gives rise to marked structural changes in the Artichoke, the leaves particularly. In some instances, the main capitulum appeared five to fifteen days sooner than normal. Concurrently with this early run up, the capitulum shape, is so altered as to make it unsuitable for marketing.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE DURCH GIBBERELLINE HERVORGERUFENEN VERÄNDERUNGEN IM WACHSTUM UND IN DER ENTWICKLUNG DER ARTISCHOKE

Wiederholte Behandlung durch Gibberelline ruft tiefe Veränderungen in der Strucktur der Artischokenpflanze hervor, besonders was die Form der Blätter anbetrifft. In gewissen Fällen, wird dadurch auch das Auftreten des Hauptköpfchens fünf bis fünfzehn Tage früher bewirkt. Diese beschleunigte Entwicklung ist von Veränderungen in der Form des Köpfchens begleitet, die es für den Verkauf untauglich machen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BONNET A., 1959. Contribution à l'étude de l'Artichaut. *Thèse Ing. Doct., Fac. Sci., Toulouse.*

GILLOT J., PHILOUZE J., 1962. Action de l'acide gibbérellique sur la production de graines chez la variété de Laitue « Merveille des Quatre Saisons ». *Ann. Amélior. Plantes*, **12**, 215-217.

WITTWER S. H., BUKOVAK M. J., 1958. The effect of gibberellin on economic crops. *Econ. Bot.*, **12**, 213-246.

Le Directeur-Gérant: M. L. CAGNAC

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 1-6-1964.

Dépôt légal: 2e trimestre 1964. No d'impression: 413.

ANNALES
DE
L'AMÉLIORATION
DES
PLANTES

VOLUME 14 1964 NUMÉRO 3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle - PARIS-7e

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique,
à l'exception des sommaires et résumés.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (3), 229-244.

SUR L'OBTENTION DE SEMIS DE VIGNES TRÈS VIGOUREUX A MISE A FRUITS RAPIDE ET SES RÉPERCUSSIONS SUR L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA VIGNE

P. HUGLIN, et B. JULLIARD

Avec la collaboration technique de J. BALTHAZARD

Station de Recherches viticoles et œnologiques
Centre de Recherches agronomiques, Colmar (Haut-Rhin)

SOMMAIRE

L'un des inconvénients majeurs de l'amélioration génétique de la Vigne résidait jusqu'ici dans l'intervalle de temps considérable (3 à 6 ans) qui s'écoule entre chaque génération.

Grâce à une technique de production de plants de semis très vigoureux, élevés en culture sans sol, et grâce à la levée de l'inhibition corrélative des bourgeons latents, il a été possible d'obtenir des mises à fruits l'année même du semis. L'utilisation de ces données permet d'envisager ,d'une part, un perfectionnement des programmes traditionnels d'amélioration génétique, d'autre part, la mise en œuvre d'une méthode d'amélioration basée sur celles utilisées pour les plantes annuelles allogames.

INTRODUCTION

Si nos connaissances actuelles en matière de génétique de la vigne sont encore à un niveau plutôt élémentaire et si, corrélativement les résultats pratiques de l'amélioration génétique de cette plante ne sont guère nombreux, l'une des causes principales de cet état de fait réside certainement dans l'intervalle de temps qui s'écoule entre chaque génération. Cette servitude des plus gênantes a été soulignée à maintes reprises par les généticiens viticoles.

En France D. BOUBALS (1959) signale que, lors des croisements intraspécifiques chez *V. riparia* et *V. rupestris* et lors des croisements interspécifiques la mise à fruits a commencé dans des proportions variables à partir de la 3^{e} année après le semis.

Dans les croisements intraspécifiques chez *V. vinifera* et pour les plantes issues d'autofécondations pratiquées chez cette espèce, le délai minimum a été de quatre ans. Dans d'autres cas J. BRANAS (1959) n'a constaté la mise à fruits qu'après un long délai, variable avec les croisements mais rarement plus court que six ans chez *V. vinifera*.

En Allemagne F. DRAWERT (1963) constate, de même, qu'à l'heure actuelle une analyse précise de la valeur héréditaire des géniteurs n'est pas encore réalisable car la Vigne se prête mal à de telles études pour plusieurs raisons dont la plus importante est l'intervalle de temps considérable qui s'écoule entre deux générations.

Par le greffage, il est possible dans une certaine mesure, de hâter la mise à fruits, mais la technique de greffage en vert mise au point à ce sujet par E. SNYDER et F. N. HARMON (1936) semble difficilement applicable sur une grande échelle.

En Bulgarie, Z. ZANKOV et K. STOEV (1962) signalent toutefois qu'ils obtiennent des fructifications sur semis de 2 ans. Selon ces auteurs, de tels résultats exigent entre autres une longueur moyenne minima de croissance de 70 à 80 cm, 20 à 25 nœuds développés et aoûtés ainsi qu'un diamètre dépassant 5 mm à la base du plant de semis.

Ayant constaté les mêmes inconvénients que nos collègues, nous avons entrepris des travaux pour tenter d'agir sur la rapidité de la mise à fruits, c'est-à-dire, de l'initiation florale. Ceci nous a amené à étudier successivement : la mise au point d'une technique de production de plants de semis très vigoureux, puis les possibilités de mise à fruits précoce de ces plants.

Après l'analyse de ces deux aspects du problème nous verrons comment il nous paraît possible d'utiliser les résultats obtenus dans le domaine de l'amélioration génétique de la Vigne.

A. — PRODUCTION DE PLANTS DE SEMIS EN CULTURE SANS SOL

I. — GÉNÉRALITÉS

Aucune des techniques de productions de plants de semis de vigne que nous avons eu l'occasion de voir ou de connaître ne paraissant être susceptible de donner les résultats dont nous avions besoin, nous nous sommes orientés vers l'application de la culture sans sol.

Cette technique qui dérive des travaux de physiologie végétale poursuivis depuis un siècle, a dépassé peu à peu le stade d'utilisation en laboratoire et connaît à l'heure actuelle un certain nombre d'applications pratiques dans le domaine de l'horticulture. Celles-ci font appel, soit à la culture en milieu liquide, les plantes étant maintenues par un support, soit à la culture sur milieu solide inerte avec différentes variantes en ce qui concerne la circulation de la solution.

La première méthode présente des inconvénients sérieux ayant principalement trait à l'aération de la solution, mais également au problème du support et au développement d'algues.

La culture sur milieu solide (sable ou gravier non calcaire, vermiculite) résout le problème du support et de l'obscurcissement de la solution. Le liquide nutritif peut être apporté du haut en bas : c'est la percolation. La surface du milieu est mouillée

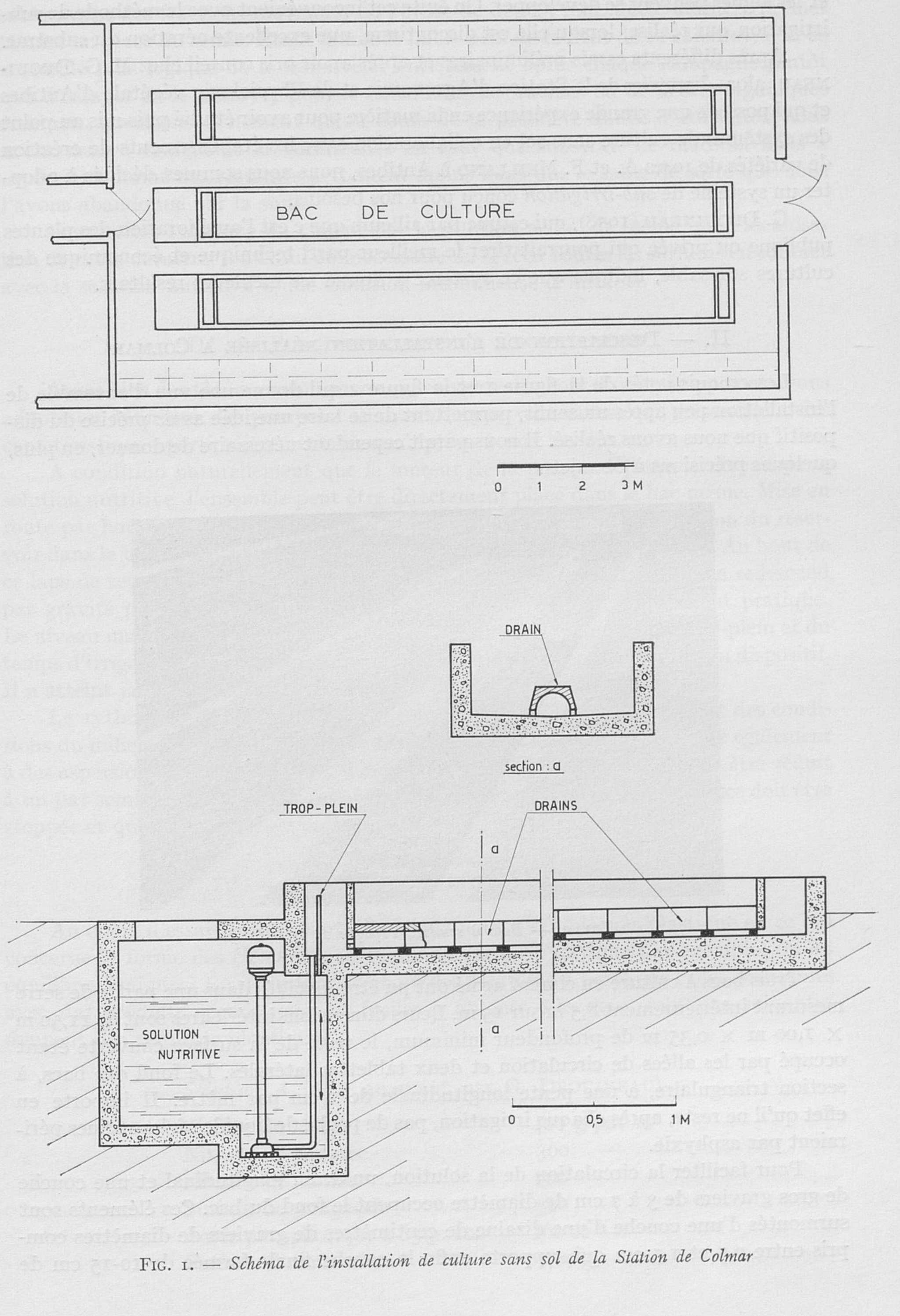


FIG. 1. — *Schéma de l'installation de culture sans sol de la Station de Colmar*

et les algues peuvent se développer. On évite cet inconvénient avec la méthode de sub-irrigation qui réalise, lorsqu'elle est discontinue, une excellente aération du substrat.

Après différents essais préliminaires et après avoir pris conseil chez M. G. DROUINEAU, alors directeur de la Station d'Agronomie et de Physiologie végétale d'Antibes et qui possède une grande expérience en la matière pour avoir étudié puis mis au point des systèmes de culture sans sol en collaboration avec les établissements de création de variétés de roses A. et F. MEILLAND à Antibes, nous nous sommes décidés à adopter un système de *sub-irrigation* conçu pour nos besoins.

G. DROUINEAU (1958), qui estime par ailleurs que c'est l'amélioration des plantes publique ou privée qui pourrait tirer le meilleur parti technique et économique des cultures sur sable, indique que ce système a donné les meilleurs résultats.

II. — DESCRIPTION DE L'INSTALLATION RÉALISÉE A COLMAR

Les croquis cotés de la figure 1 et la figure 2 qui donne une vue d'ensemble de l'installation peu après un semis, permettent de se faire une idée assez précise du dispositif que nous avons réalisé. Il nous paraît cependant nécessaire de donner, en plus, quelques précisions à ce sujet :

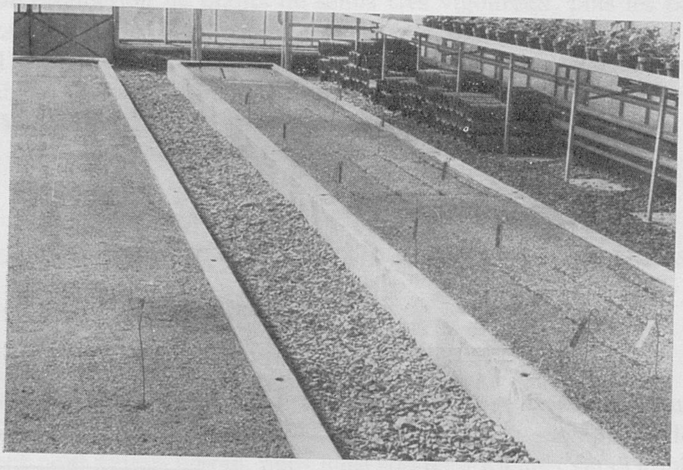


FIG. 2. — *Bacs à semis à l'époque de la levée*

Trois bacs à culture en ciment armé ont pu être installés dans une partie de serre mesurant intérieurement 8,5 m sur 15 m. Leurs dimensions intérieures sont de 11,50 m × 1,00 m × 0,35 m de profondeur minimum, le reste de la surface couverte étant occupé par les allées de circulation et deux tablettes latérales. Le fond des bacs, à section triangulaire, a une pente longitudinale de 1 cm par mètre. Il importe en effet qu'il ne reste, après chaque irrigation, pas de poche de liquide où les racines périraient par asphyxie.

Pour faciliter la circulation de la solution, un drain longitudinal et une couche de gros graviers de 3 à 7 cm de diamètre occupent le fond du bac. Ces éléments sont surmontés d'une couche d'une dizaine de centimètres de graviers de diamètres compris entre 0,5 et 1,5 cm qui supporte enfin la couche finale formée de 10-15 cm de

sable ayant des fractions moyennes de l'ordre de 0,3-0,5 mm. Cette dernière permet la mise en place du semis. Étant donné le faible prix de revient de ce substrat, il nous a semblé plus logique de le renouveler entièrement après chaque campagne plutôt que d'essayer de le nettoyer pour le débarasser des racines ou de débris organiques résiduels. Précisons également qu'au cours de la première année d'utilisation nous avons essayé également la vermiculite en tant que substrat. Ce matériel nous a cependant donné des résultats nettement moins bons que le sable de sorte que nous l'avons abandonné par la suite.

Pour éviter l'attaque du ciment par la solution acide, de même que l'alcanisation de cette dernière, il a enfin été nécessaire de revêtir toutes les surfaces en contact avec la solution nutritive d'une émulsion bitumineuse (Flintkot).

III. — Fonctionnement de l'installation

Après bien des tâtonnements en ce qui concerne le choix d'une pompe nous avons adopté en définitive des pompes « Guinard », type vide-caves, qui présentaient des caractéristiques particulièrement bien adaptées à nos besoins.

A condition naturellement que le moteur de la pompe dépasse le niveau de la solution nutritive, l'ensemble peut être directement placé dans le bac même. Mise en route par horloge à contact ou manuellement la pompe remonte la solution du réservoir dans le bac de culture. Cette opération nécessite environ 20 minutes. Au bout de ce laps de temps l'horloge coupe le circuit, la pompe s'arrête et le liquide redescend par gravité par le corps de pompe lui-même ce qui est particulièrement pratique. Le niveau maximum est réglable par le jeu combiné de la hauteur du trop-plein et du temps d'irrigation, assurant ainsi une double sécurité à la bonne marche du dispositif. Il n'atteint jamais la surface pour éviter le développement d'algues.

Le rythme des sub-irrigations varie au gré des besoins des plantes et des conditions du milieu. De quotidien après le semis (époque à laquelle l'on procède également à des aspersions d'eau en surface), il devient bi-quotidien par la suite pour être réduit à un par semaine, puis un par quinzaine lorsqu'on estime que la croissance doit être stoppée et que la quantité de bois aoûtée est suffisante.

IV. — Solutions nutritives utilisées

Au cours d'essais préliminaires, la Vigne nous a semblé très plastique en ce qui concerne la forme des éléments (azote ammoniacal ou nitrique par exemple) ou les équilibres ioniques. En définitive, le choix des solutions a porté sur celles réalisables avec des produits économiques et faciles à obtenir. Les deux solutions suivantes donnent des résultats identiques :

Solution A (mise au point par G. Drouineau)

Nitrate de chaux	400 g par m³
Nitrate de potasse	300 —
Nitrate de soude	100 —
Sulfate de magnésie	300 —
Acide phosphorique à 85 p. 100	100 cc —
Sulfate d'ammonium	400 g —

Acide sulfurique quantité suffisante pour maintenir le pH à 6,3
Oligoéléments par m³ :

Acide borique	1,5 g,	Sulfate de manganèse	1,5 g
Sulfate de zinc	0,5 g,	Sulfate de cuivre	0,5 g

Solution B (mise au point à la station).

Nitrate de potasse	800 g	par m³
Phosphate biammoniacal	200	—
Sulfate de magnésie	300	—
Acide sulfurique	50 cc	—
Sulfate de fer	5 g	—

Oligoéléments par m³ (selon les données de SHIVE et ROBBINS) :

Acide borique	1,5 g,	Sulfate de manganèse	1,5 g
Sulfate de zinc	0,5 g,	Sulfate de cuivre	0,25 g

La quantité de fer mentionnée est complétée par une adjonction hebdomadaire de 1 g de sulfate de fer par m³. La totalité du calcium de la solution est apportée par l'eau de la ville de Colmar qui en contient 180 à 200 p.p.m. Dans ces conditions d'utilisation le pH se maintient entre 6,3 et 6,5 durant la période d'utilisation de la solution.

A ce sujet signalons que l'on prépare 3 m³ de solution par bac et que celle-ci est utilisée pendant 3 semaines. Au bout de ce laps de temps le reliquat est évacué, les bacs sont rincés et le cycle recommence.

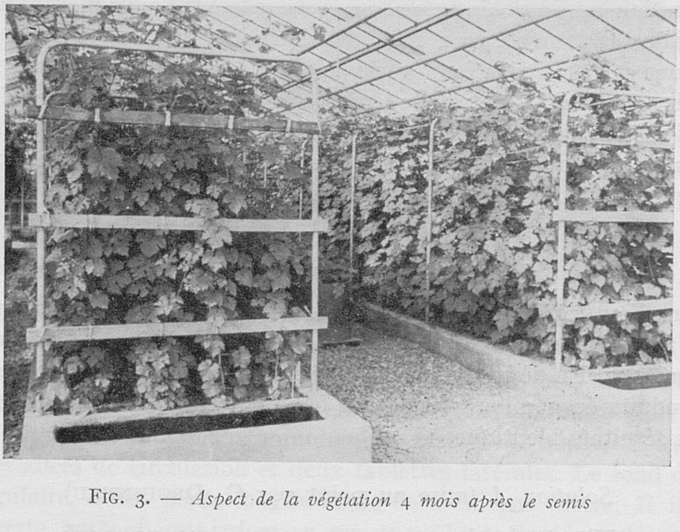


FIG. 3. — *Aspect de la végétation 4 mois après le semis*

Avec cette formule très simple et peu onéreuse puisque le m³ de solution revient à environ 1,70 F, eau comprise, la Vigne pousse très vigoureusement sans manifestation de carence ni de toxicité. Nous nous garderons cependant d'affirmer que cette croissance est optimale ou que ces solutions sont utilisables sans contrôle préalable pour d'autres espèces végétales.

V. — Résultats

Cette méthode de culture en serre sur gravier et sable avec sub-irrigation discontinue présente en définitive des avantages considérables qu'il convient de rappeler :

— contrôle assez précis des conditions du milieu;

— automaticité totale de l'arrosage avec double dispositif de sécurité;

— suppression des binages par suite de l'absence de mauvaises herbes et d'algues;

— alimentation homogène permettant une grande précision dans le jugement de la vigueur.

Les résultats qu'elle nous a permis d'obtenir ont dépassé tous nos espoirs. Auparavant, sous châssis et dans les conditions climatiques souvent peu favorables de l'est de la France, nos plants de semis atteignaient en moyenne une hauteur de 90 cm. Cette moyenne générale, qui comporte naturellement des fluctuations très grandes selon le type de croisement, a dépassé 4 mètres au cours des deux années d'utilisation de culture dans les conditions que nous venons de décrire. La figure 3 permet d'ailleurs de se faire une idée de l'exubérance de la végétation, 4 mois après le semis.

B. — ESSAIS DE MISE A FRUITS RAPIDE DES PLANTS DE SEMIS

I. — Le problème controversé de la phase juvénile

Lorsqu'on aborde la question de la mise à fruits de plants de semis d'une espèce arbustive il n'est pas possible de passer sous silence le problème controversé de la « phase juvénile » dont la caractéristique principale serait la stérilité des bourgeons.

Pour F. Passecker (1952) qui a étudié l'Abricotier et d'autres espèces arbustives cultivées, l'aspect des plantes en période juvénile se rapprocherait de celui des formes sauvages de l'espèce. De même que les tiges, les racines seraient également différenciées en phase juvénile et phase adulte.

D'après R. Fritzsche (1948) cette phase juvénile durerait 5-6 ans chez le Pommier, un peu plus longtemps chez le Poirier. En dehors de la stérilité des bourgeons, cet état serait accompagné de particularités touchant le port général des plantes, l'anatomie du système vasculaire, la morphologie foliaire et la teneur en éléments minéraux et organiques des tissus. Par multiplication végétative la phase juvénile pourrait être conservée indéfiniment. Du point de vue morphologique le passage à la phase adulte se traduirait par la disparition des possibilités d'émission de racines et de la stérilité des bourgeons.

A. Kolomiec (1952) pense que le stade de développement correspondant à la phase juvénile des espèces fruitières est relativement court mais qu'il est suivi par un stade préparatoire à la fructification qui dure plus ou moins longtemps suivant les diverses espèces examinées. Le moins long serait celui du Pêcher, puis de l'Abricotier, puis du Pommier.

Contrairement aux chercheurs précédents, E. Kemmer (1953) nie l'existence d'une phase juvénile quasi-immuable. Il estime que le délai qui s'écoule entre la

germination et la maturation de floraison dépend moins de conditions intrinsèques à la plante que de l'influence de certains facteurs du milieu. Pour lui, la théorie de phase juvénile serait principalement due à l'ignorance des possibilités d'action de ces facteurs. Dans une série d'expériences sur Pommier il s'efforce de montrer le bien-fondé de sa thèse.

En ce qui concerne la Vigne il n'existe pas à notre connaissance d'étude sur cette question. On peut cependant signaler un fait qui pourrait être en relation avec ce problème. L'on sait en effet que chez les plants de semis de Vigne la disposition des feuilles subit un changement vers le 7^{e}-9^{e} nœud. Au-dessous de ce niveau les feuilles sont insérées sur la tige suivant une hélice foliaire dont la formule est de 2/5, au-dessus elles sont alternes-distiques. A ce même niveau on commence à observer le développement de vrilles, organes très proches des inflorescences. S'agit-il là du passage d'une phase juvénile (qui serait évidemment fugace) à une phase adulte ?

II. — Fondements des essais entrepris

Sans préjuger de l'absence ou de l'existence d'une phase juvénile plus ou moins longue chez la Vigne, nous avons pensé qu'il ne devrait, en tout état de cause, pas être impossible d'accélérer l'initiation florale des plants de semis issus de nos croisements.

Une première action dans cette voie a déjà été décrite au cours du chapitre précédent. Il est en effet connu (J. Branas, G. Berbon, L. Levadoux, 1946; P. Huglin, 1958) que la vigueur des souches de Vigne exerce une influence prépondérante sur la formation des ébauches florales des bourgeons latents. En ce qui nous concerne nous avons pu mettre en évidence une relation curvilinéaire entre la vigueur et la fertilité (au cours des expériences en question la « vigueur » d'une souche de Vigne a été exprimée par le poids de son bois de taille, la « vigueur » d'un sarment isolé par son diamètre maximum). A partir d'un certain niveau de vigueur, toute augmentation de cette dernière reste pratiquement sans effet sur l'initiation florale et, contrairement à ce qu'on constate chez d'autres plantes, comme le Pommier par exemple, il n'a pas été possible d'observer de diminution de fertilité par excès de vigueur. L'obtention de plants de semis très vigoureux en culture sans sol constituait donc un premier pas vers le but qui nous intéresse.

Le second a été possible grâce à un résultat d'un travail sur l'initiation florale et le développement végétatif des bourgeons de la Vigne (P. Huglin, 1958). L'analyse des corrélations entre bourgeons nous a permis de montrer, comme le schématise la figure 4, que les bourgeons latents sont tout d'abord inhibés de façon absolue par le bourgeon terminal et les prompts-bourgeons. Cette inhibition est polarisée en direction basipète *et sa levée, par ablation du bourgeon terminal et des prompts-bourgeons, permet donc le développement prématuré des bourgeons latents.*

Bien que cette opération de forçage ne soit malheureusement pas réalisable tout le long du cycle végétatif par suite de l'établissement progressif de la dormance des bourgeons de la base vers ceux du sommet, nous avons pu utiliser cette possibilité pour contrôler l'époque de formation des inflorescences dans ces bourgeons. Compte tenu de la très grande vigueur de nos plants de semis nous avons pensé exploiter ce phénomène dans un double but :

a) Provoquer, dans l'éventualité d'une phase juvénile, un vieillissement rapide des plants, en déclenchant à plusieurs reprises, le développement prématuré de bourgeons latents.

b) Contrôler la présence ou l'absence d'initiums floraux dans les bourgeons ainsi forcés.

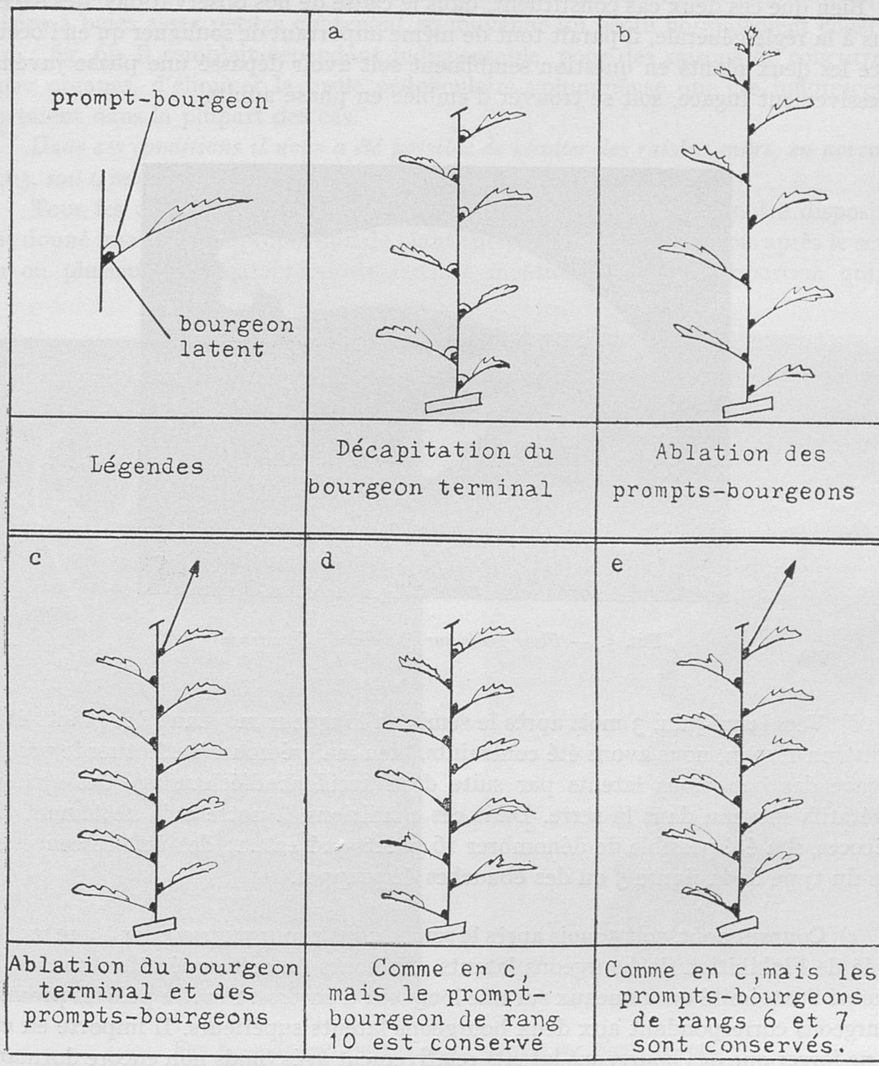


FIG. 4. — *Corrélations entre le bourgeon terminal et les prompts-bourgeons d'une part et les bourgeons latents d'autre part* (HUGLIN, 1958)

III. — DÉROULEMENT ET RÉSULTATS DES ESSAIS EFFECTUÉS EN 1963

a) Dans un premier stade il était intéressant de se rendre compte de la présence éventuelle d'inflorescences sur l'axe primaire lui-même des plants de semis. Ce contrôle effectué sur environ 700 plants a permis de déceler sur deux d'entre eux, parti-

culièrement vigoureux, deux vrilles montrant vers l'extrémité d'une de leurs ramifications une fleur isolée du type de celle de la figure 5. Ces vrilles se trouvaient respectivement au 12^{e} et au 15^{e} nœud et sont apparues environ 6 semaines après la levée des semis. Les fleurs elles-mêmes ne se sont pas épanouies mais se sont desséchées assez rapidement. Nous ne pensons d'ailleurs pas que leur structure ait été complète.

Bien que ces deux cas constituent, dans le cadre de nos observations, des exceptions à la règle générale, il paraît tout de même important de souligner qu'en l'occurrence les deux plants en question semblaient soit avoir dépassé une phase juvénile excessivement fugace, soit se trouver d'emblée en phase adulte.

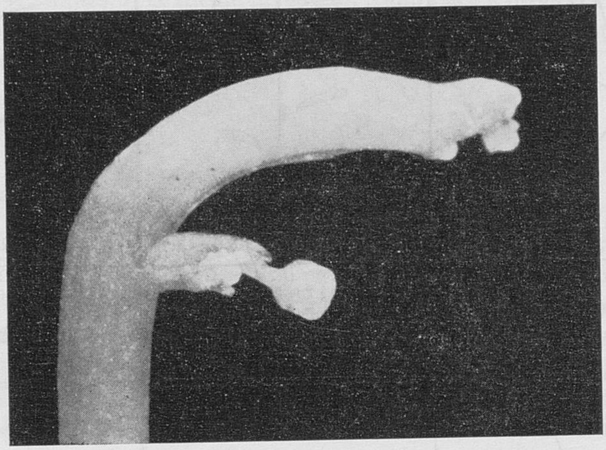


FIG. 5. — *Fleur isolée sur ébauche d'inflorescence*

b) Vers la mi-juin, 3 mois après le semis, la longueur moyenne des plants étant d'environ 1,10 m, nous avons été contraints, bien malgré nous, à effectuer le premier forçage des bourgeons latents par suite d'un accident d'échaudage des sommets végétatifs survenu dans la serre. Dans ces conditions, à notre avis nettement trop précoces, il a été possible de dénombrer 16 plants présentant des inflorescences isolées du type de la figure 5 ou des ébauches de grappes.

c) Courant août, soit 5 mois après le semis, nous avons pu procéder à une seconde levée de l'inhibition de bourgeons latents. Au cours de cette opération nous avons éliminé l'extrémité des rameaux sur une longueur d'environ 1 mètre puis les prompts-bourgeons correspondant aux deux bourgeons latents supérieurs. Il importe en effet de ne forcer que des bourgeons latents relativement âgés (mais non encore dormants) dans lesquels une initiation florale éventuelle a eu le temps matériel de se dérouler.

Cette fois-ci les contrôles de fertilité ont été beaucoup plus intéressants et nous avons pu différencier trois niveaux « quantitatifs » en ce qui concerne ce caractère :

1) Rameaux présentant des ébauches de grappes à fleurs isolées (fig. 5) ou à fleurs embryonnaires disposées à l'aisselle des bractées du rachis des grappes de vigne.

2) Présence d'une inflorescence de taille encore réduite mais assez complète, c'est-à-dire, avec plusieurs bouquets de fleurs.

3) Rameaux présentant une inflorescence presque normale, quelquefois accompagnée par une seconde de taille réduite (fig. 6). Ces inflorescences-là ont été les seules à se développer complètement et à donner, lorsqu'elles étaient hermaphrodites, des raisins à baies assez petites contenant en moyenne un pépin normalement constitué (ex. : fig. 6). Il semblait cependant indispensable, pour des raisons de concurrence entre organes, d'éliminer la vrille pédonculaire volumineuse que ces inflorescences portaient dans la plupart des cas.

Dans ces conditions il nous a été possible de récolter des raisins mûrs, en novembre 1963, *soit* 9 *mois après le semis.*

Tous les croisements ou autofécondations que nous avions à notre disposition ont donné une certaine proportion de plants présentant, quelques mois après le semis, un ou plusieurs des caractères de fertilité mentionnés. Cette proportion qui, en



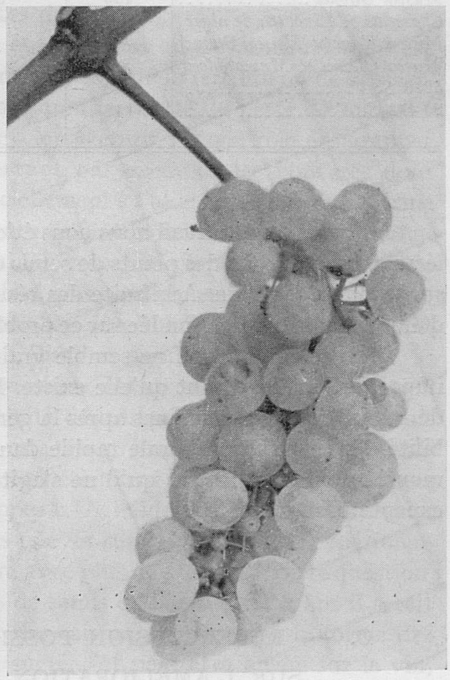


FIG. 6. — *Inflorescences et raisin observés sur plants de semis au cours de la première année de végétation*

moyenne a été de 20,2 p. 100, a varié considérablement selon le cas ainsi qu'on pourra s'en rendre compte dans le tableau 1. Nous espérons d'ailleurs pouvoir améliorer ces résultats au cours des années à venir par le perfectionnement progressif de notre méthode de culture (levée de l'inhibition des bourgeons latents plus tardive, meilleures conditions d'éclairement, action sur le photopériodisme, etc.)

TABLEAU I

Initiation florale sur plants de semis élevés en culture sans sol (*Colmar* 1963)

Croisements	Nombre de plants	Nombre de plants ayant présenté des Ébauches de grappes ou fleurs isolées	Inflorescences de taille réduite	Inflorescences normales	Pourcentage total de plants ayant présenté de l'initiation florale (%)
Gewurztraminer	57	13	9	3	43,7
Auxerrois blanc	36	2	1		5,5
Muscat à petits grains rose	115	9	3		10,2
Muscat à petits grains blanc	114	3	1		3,3
Wildbacher	30	10	4	1	30,8
Muscat Ottonel	150	30	9	6	27,6
Chasselas × *Pinot tête de nègre*	21	4	2		28,6
Muscat blanc × *Muscat Ottonel*	7	1	2		43,0
Muscat Ottonel × *Muscat blanc*	21	3	3	1	33,4
5276 S. V.	40	4	7	2	28,9
20 473 S. V.	18	2			8,0

Au cours de ce travail nous nous étions principalement proposés de tenter d'accélérer la mise à fruits des plants de semis et non de procéder à des recherches originale, sur la phase juvénile. A la suite des résultats obtenus il nous est cependant possible d'émettre une opinion fondée sur ce problème et en ce qui concerne la Vigne.

Chez cette plante il ne semble vraiment pas que la phase juvénile joue un rôle important en supposant qu'elle existe. La présence de fleurs isolées sur deux plants de semis, quelques semaines après la germination des pépins et la preuve de la possibilité d'une initiation florale rapide dans les bourgeons latents des plants de semis, montre dans tous les cas qu'il ne s'agit pas d'une caractéristique immuable et sans exception.

C. — RÉPERCUSSION POSSIBLES DES RÉSULTATS OBTENUS SUR L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DE LA VIGNE

Après avoir rendu compte des méthodes mises en œuvre et des résultats enregistrés au cours de notre étude sur l'accélération de la mise à fruits des plants des semis il importe de considérer l'exploitation de ces résultats dans le domaine de l'amélioration génétique de la Vigne.

Il nous semble exister à ce sujet trois possibilités d'utilisation que nous passerons rapidement en revue. La première concerne un test précoce de fertilité et éventuellement de productivité des nouvelles obtentions. La seconde intéresse la technique

« classique » de l'amélioration génétique de la Vigne. Nous envisagerons enfin une troisième possibilité qui, à priori, nous semble susceptible de donner les résultats les meilleurs et qui s'inspire des méthodes de sélection des plantes allogames annuelles.

I. — Test de fertilité

Si le contrôle précoce de la résistance des nouvelles obtentions de Vigne à l'égard de la majorité des maladies cryptogamiques est relativement aisé, il n'en est pas de même pour un certain nombre d'autres caractéristiques importantes, parmi lesquelles le *contrôle précoce de la fertilité*.

Comme il ne semblait pas possible, jusqu'ici, d'effectuer ce test par voie directe par suite de la lenteur de mise à fruits des plants de semis, des chercheurs allemands, O. Sartorius (1941) puis principalement G. Geisler (1960) ont tenté de trouver, sur des populations de semis de Vigne, des corrélations entre des caractères morphologiques des feuilles et des caractères de fertilité-productivité.

G. Geisler signale d'ailleurs qu'il a effectivement trouvé des relations valables avec les découpures plus ou moins importantes des feuilles.

Les résultats que nous avons obtenus au cours de nos essais montrent qu'il est dorénavant possible de se rendre compte très rapidement de la fertilité ou de la stérilité d'une obtention. Afin de diminuer au maximum le risque de perte de matériel valable on peut d'ailleurs procéder, en fin de cycle végétatif, au contrôle des grappes primordiales de bourgeons latents, en se servant par exemple des boutures dont la dormance des bourgeons a été levée artificiellement à l'aide de monochlorhydrine du glycol ou de rindite. Nous pensons d'ailleurs qu'il sera relativement aisé d'augmenter la proportion des inflorescences capables de se développer jusqu'au stade floraison quelques mois après le semis. Il ne faut pas oublier, en effet, que certains croisements donnent un pourcentage important de descendants femelles qu'il est, dans la majorité des cas, intéressant de pouvoir éliminer rapidement.

Mais il serait également important de posséder dès ce stade une information sérieuse concernant des caractères de productivité des obtentions. A priori, il paraît logique de penser que les plants à initiation florale très précoce, et parmi les plus précoces ceux qui présentent le plus d'inflorescences, détiennent un bon potentiel de productivité pour le caractère « nombre de grappes ». A l'aide des différents niveaux quantitatifs d'initiation florale que nous avons relevés sur nos semis, une expérimentation précise a été mise en route pour répondre avec plus de sécurité à cette question.

A condition de pouvoir conserver les plants de semis en bac durant 2 ans il serait enfin possible de se faire une idée sur le goût des raisins, la précocité, la forme des grappes, la couleur des grappes, la teneur en sucre... et peut-être même sur le vin, à l'aide de micro-vinifications que les technologues de la station essaieraient de mettre au point au cours des prochaines années.

II. — Possibilités en ce qui concerne la technique classique de l'amélioration génétique de la vigne

Dans ce domaine plusieurs possibilités susceptibles de faire gagner du temps et de la place nous semblent intéressantes. Par suite de la très grande vigueur des plants élevés en culture sans sol et des relations entre la vigueur et la mise à fruits,

l'utilisation de cette technique réduira considérablement le délai nécessaire à l'obtention de raisins. Cet avantage se retrouvera aussi bien dans le cas de transplantation directe en plein champ que dans celui d'une multiplication par greffage.

Par ailleurs la faculté de pouvoir éliminer les obtentions stériles, femelles ou mâles avant leur implantation en plein champ, se traduira par plusieurs avantages :

— gain de place, car les collections d'obtentions ne seront plus encombrées par des plants stériles qu'il n'est pratiquement pas possible de remplacer par d'autres avant l'arrachage complet de la collection ;

— utilisation plus rationnelle des surfaces disponibles et réduction des besoins en terrain pour un même objectif ;

— diminution importante du prix de revient des opérations.

III. — Nouvelle technique d'amélioration génétique de la vigne

Le fait d'avoir réussi à obtenir des raisins mûrs sur plants de semis âgés de 9 mois nous a incité à envisager une nouvelle technique d'amélioration génétique de la Vigne à fruits s'inspirant des méthodes ayant fait leurs preuves dans le domaine des plantes annuelles, plus spécialement du Maïs.

Les variétés de Vignes hermaphrodites sont indifférentes au mode de fécondation qui peut aussi bien être autogame qu'allogame. Par suite de leur origine et de leur multiplication par voie végétative ces variétés présentent cependant dans la plupart des cas une structure hétérozygote plus ou moins poussée.

Parallèlement, cette structure est liée à un état d'hétérosis et il est probable que cette situation résulte à la fois de la sélection naturelle et de la sélection humaine. Lors de croisements inter-spécifiques avec des espèces américaines cette vigueur hybride peut atteindre un niveau très élevé alors que par autofécondation on obtient au contraire un pourcentage souvent très élevé de descendants faibles par effet « d'inbreeding ».

Jusqu'ici on a admis que la possibilité chez la Vigne, de pouvoir fixer immédiatement n'importe quel génotype par multiplication végétative, rendait inutile les générations d'autofécondation nécessaires ailleurs pour obtenir des lignées pures (M. Rives, 1961). En ce qui nous concerne nous pensons cependant que la constitution de lignées d'autofécondations visant à donner, en un minimum de générations, un degré d'homozygotie plus ou moins poussé à certains caractères importants, pourrait se révéler intéressante aussi bien pour l'étude théorique de l'hérédité en général que pour la poursuite de buts pratiques.

La recherche des meilleurs croisements entre ces lignées qu'il serait aisé, rappelons-le, de conserver sans modifications par voie végétative, devrait alors permettre *l'obtention raisonnée* de nouvelles variétés valables soit directement soit en F_1 d'autofécondation.

Cette technique nous semble convenir pour la création de variétés quel que soit l'objectif poursuivi, mais elle nous paraît particulièrement appropriée lorsqu'on se propose, et tel est notre cas, de donner à des variétés de régions d'appellation d'origine contrôlée certains caractères culturaux importants (p. ex. : résistance au mildiou, à la coulure, précocité, etc.) en essayant de respecter dans toute la mesure du possible le type de vin. Cette tâche est certainement difficile mais non insurmontable.

Il sera cependant nécessaire d'avoir la possibilité matérielle de conserver les plants de semis en bac durant 2 ans, afin de pouvoir procéder à chaque stade intermédiaire du travail aux tests d'aptitudes culturales mentionnés plus haut. Après avoir éliminé, au cours de la première années un grand nombre de plants sans valeur, il sera possible d'effectuer en connaissance de cause, au cours de la seconde année, les autofécondations et les croisements indispensables.

Des pronostics théoriques concernant la durée d'un tel travail sont certes possibles et il paraît logique d'escompter un gain de temps considérable par rapport aux méthodes utilisées jusqu'ici. Mais ce qui nous semble vraiment important c'est d'entreprendre maintenant un programme de travail basé sur les principes et les faits nouveaux dont nous venons de rendre compte.

Reçu pour publication en février 1964

SUMMARY

ON THE ACQUISITION OF VIGOROUS GRAPE SEEDLINGS WITH ACCELERATED FRUIT-DEVELOPMENT. ITS IMPORTANCE FOR THE GENETIC IMPROVEMENT OF GRAPES

One of the major inconveniences of the genetic improvement of grapes has been until now the considerable period (3 to 6 years) between each generation.

In order to remedy this situation, first we developped a technique to grow unusually vigorous seedlings. Good results were obtained with soilless-culture methods using sand and gravel. Nutrient solutions were made available to the plants by discontinuons subirrigation (fig. 1, 2 and 3).

Several weeks after germination, it was possible to see on two of the 700 involved seedlings, a few isolated flowers. After one or two eliminations of the inhibition of latent-buds by removal of the shoottips and lateral shoots (fig. 4), many plants produced inflorescences (fig. 5 and 6, table 1). Consequently we were able to obtain ripe clusters nine months after planting the seeds. These results show that in the case of grapes a possible juvenile stage does not play a significant röle. It is not even certain that such a stage exists in grapes.

This work offers several possibilities for genetic improvement of grapes :

1) utilisation as an early test of fertility and perhaps productivity.
2) compared to the classic technique of selection, gain of time and area.
3) possibility of adaptation of the selection methods of annual cross-fertilized plants (e. g. maize) to the improvement of grapes.

ZUSAMMENFASSUNG

UBER DIE GEWINNUNG VON STARKWÜCHSIGEN REBSÄMLINGEN MIT RASCHEM FRUCHTANSATZ UND IHRE FOLGEN IN BEZUG AUF DIE GENETISCHE REBENZUCHTUNG

Einer der Hauptnachteile der Rebenzüchtung lag bis jetzt in dem langen Zeitabstand (3-6 Jahren) zwischen 2 Generationen.

Um diesem Nachteil womöglich abzuhelfen wurde zuerst nach einem Mittel gesucht um sehr starkwüchsige Sämlinge zu erhalten. Dieses Ziel wurde durch Anwendung der Hydrokultur auf Sand und Kies erreicht. Dabei wurden die Nährlosungen den Pflanzen durch unterbrochene Unterbewässerung zu Verfügung gestellt (siehe Abb. 1, 2 und 3).

Einige Wochen nach dem Keimen konnten auf 2 Sämlingen von insgesammt 700, einzelne

Blüten beobachtet werden. Nach ein oder zweimaliger Aufhebung der Austriebshemmung der Winterknospen (Œntfernung der Triebspitzen und der Beiaugen oder Geiztrieben) wiesen viele Pflanzen Gescheine auf (tabl. 1), sodass es möglich war reife Trauben, 9 Monaten nach der Aussaat zu erhalten (Abb. 5-6). Diese Beobachtungen zeigen dass bei der Rebe eine eventuelle « Jugendphase » eine unbedeutende Rolle spielt. Dabei ist es gar nicht sicher dass eine solche hier überhaupt besteht.

Die Ergebnisse dieser Arbeit gestatten mehrere Anwendungsmöglichkeiten im Gebiet der genetischen Rebenzüchtung :

1) Verwendung als Frühdiagnose der Fertilität und womöglich der Fruchtbarkeit.

2) Im Falle der üblichen Züchtungstechnik, bedeutende Zeit-und Raumeinsparung.

3) Anpassungsmöglichkeit für die Rebenzüchtung der Züchtungs-methoden der allogamen jährlichen Pflanzen (z. B. : Mais).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUBALS D., 1959. Contribution à l'étude des causes de la résistance des Vitacées au mildiou de la vigne et de leur mode de transmission héréditaire. *Ann. Amélior. Plantes,* **9** 5-233.

BRANAS J., 1959. Le laboratoire de Vassal, origine et travaux. *Progr. agric. vitic.*

BRANAS J., BERNOB G., LEVADOUX L., 1946. *Eléments de viticulture générale.* École nat. Agric, Montpellier.

DRAWERT F., 1963. Protokoll der Tagung des Forschungsringes des Deutschen Weinbaues bei der DLG. *Sitzung des Arbeits-kreises für Rebenzüchtung,* 12-18.

DROUINEAU G., 1958. La culture sans sol et la sélection. *Proceedings XVth. Intern. Hort. Congress., Nice* **1**, 140-143.

FRITZSCHE R., 1948. Untersuchungen über die Jugendformen des Apfel- und Birnbaumes und ihre Konsequenzen für die Unterlagen und Sortenzüchtung. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.,* **52**, 207-267.

GEISLER G., 1960. Untersuchungen zur Frühdiagnose von Leistungseigenschaften in der Edelreis- und Unterlagenzüchtung bei Reben. *Vitis,* **2**, 117-133.

HUGLIN P., 1958. Recherches sur les bourgeons de la vigne : initiation florale et développement végétatif. *Ann. Amélior. Plantes,* **8**, 113-272.

KEMMER E., 1953. Uber des primäre und das fertile Stadium bei Apfelgehölzen. *Züchter,* **53**, 122-127.

KOLOMIEC I. A., 1952. On phasic readiness for fruit bearing and the prefruit bearing period in fruit trees (russe) *Izv. Akad. Nauk. SSSR. Ser. Biol.,* n° 3, 89-104. (in *Hort, Abst.,* **23** (2), 1544, 1953).

PASSECKER F., 1952. Geschlechtsreife, Blühwilligkeit und Senelität bei holzigen Gewächsen. *Züchter,* **22**, 26-33.

RIVES M., 1961. La création des variétés de vigne. *Congrès national des Semences,* **1**, 51-53.

SARTORIUS O., 1941. Vererbungstudien an der Weinrebe mit besonderer Berücksichtigung des Blattes. *Gartenbauwiss.,* **16**, 12-23.

SNYDER E. et HARMON F. N., 1936. Hastening the production of fruit in grape hybridizing work, *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.,* **34**, 426.

ZANKOV Z. et STOEV K., 1962. Sur le traitement préalable des pépins de vigne et l'époque de leur ensemencement (en russe). *Isvestia Inst. Rech. Vitic. et Oen. Pleven, Bulgarie,* **3**, 5-21.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (3), 245-259.

ÉTUDE D'UN CROISEMENT DIALLÈLE CHEZ L'ORGE

A. BERBIGIER

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches agronomiques du Massif central, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)

SOMMAIRE

Nous avons réalisé, en 1958, un croisement diallèle impliquant les quatre variétés d'Orge de printemps *Piroline, Rika, Carlsberg II, Proctor.*

En 1959, nous avons analysé ce croisement en utilisant la méthode de HAYMAN ; cette analyse a été faite à partir d'un essai semé à densité « de pépinière » et comportant les six F_1 et les quatre parents ; elle a porté sur le poids de 1 000 grains et le rendement en grain par plante.

Nous avons établi en 1962, pour chaque croisement, un essai semé à densité « de culture » et où figuraient quarante-quatre descendances « mél. F_4 » de ce croisement ; les plantes F_2 et les lignées F_3 correspondantes avaient été retenues, en 1960 et 1961, après tirage au sort. Nous avons ensuite calculé, pour chaque essai, la moyenne et la variance du poids de 1 000 grains et du rendement chez les quarante-quatre descendances « mél F_4 » ; nous désirions estimer, ainsi, les potentialités de chaque croisement du point de vue de ces deux caractères.

Dans cet article, nous comparons les prédictions qui avaient été faites à la suite de l'analyse « F_1 » aux estimations que nous ont fournies les essais « F_4 ». Cette comparaison met en évidence l'influence que peuvent avoir les conditions d'essai sur les résultats de l'analyse et sur les prédictions qui en découlent.

L'étude de l'hérédité du rendement, chez les Céréales autogames, présente des difficultés certaines ; aussi, jusqu'à présent, a-t-elle été en grande partie délaissée au profit d'études plus simples, en particulier de résistances.

Cependant, un instrument mathématique d'étude de l'hérédité des caractères quantitatifs, fondé sur l'analyse de croisements diallèles, a été ébauché par HULL (1945), repris par JINKS et HAYMAN (1953), puis élaboré définitivement par HAYMAN (1954). Il a été, depuis, appliqué à l'analyse de croisements diallèles chez différentes espèces. Citons, entre autres, le travail sur le Blé de WHITEHOUSE et *al.* (1958) ; le travail sur l'Orge de JOHNSON et RUSTEM (1959).

La méthode d'analyse de HAYMAN permet d'estimer, en particulier, la dominance ainsi que la valeur du stock génique de chaque parent du point de vue du caractère envisagé ; elle permet également de prévoir l'existence d'une interaction non-allélique.

Un croisement diallèle groupe toutes les combinaisons binaires possibles entre plusieurs génotypes. Son analyse repose sur l'étude des familles, une famille comportant un des parents et les croisements où il figure. Dans notre étude, les quatre parents

étaient les Orges de printemps à deux rangs *Piroline, Rika, Carlsberg II, Proctor* et la table diallèle pour chacun des caractères que nous avons analysés se présentait donc comme suit :

	Piroline	*Rika*	*Carlsberg II*	*Proctor*
Piroline	+	+	+	+
Rika	+	+	+	+
Carlsberg II	+	+	+	+
Proctor	+	+	+	+
Total par famille	—	—	—	—

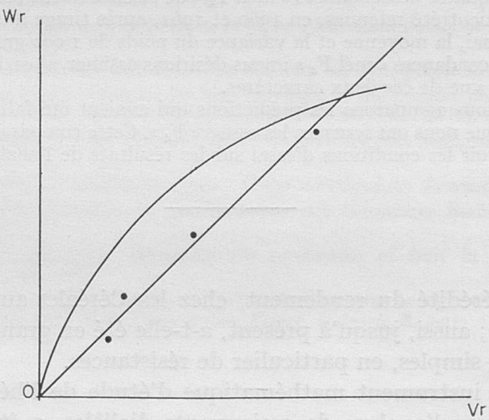
Les informations les plus intéressantes contenues dans cette table peuvent être condensées sous forme de graphique ; on calcule :

— la variance des moyennes parentales $V\bar{p}$ (variance de la diagonale « parentale »)

— pour chaque famille, la variance de ses composantes, V*r*.

— pour chaque famille, la covariance des quatre parents avec leur descendance dans cette famille, W*r*.

On construit alors un graphique où figurent la droite de régression (V*r*, W*r*) et la parabole $Wr^2 = V\bar{p}.\ Vr$.



GRAPH. 1. — *Régression de W*r *en V*r *pour un caractère quantitatif*

Ce graphique doit être interprété de la façon suivante :

a) la parabole limite la zone du plan à l'intérieur de laquelle se trouvent les points (V*r*, W*r*), représentatifs des familles.

b) quand la droite de régression a une pente de + 1, le système de gènes peut être considéré comme additif, sans complication d'aucune interaction.

c) lorsque la dominance est complète, la droite de régression passe par l'origine. S'il y a superdominance, la droite de régression coupe l'axe des W*r* au-dessous de l'origine.

Dans le cas théorique où il y aurait absence complète de dominance, les points

représentatifs des familles se rassembleraient près du point de la parabole où la courbure est égale à + 1.

d) l'ordre des points sur la ligne indique la distribution des gènes dominants et récessifs chez les parents. Les points d'intersection de la droite de régression et de la parabole représenteraient des familles dont le parent commun contiendrait tous les gènes dominants ou tous les récessifs impliqués dans le diallèle. Le point d'intersection de la droite de régression et de la parallèle à l'axe des *Vr* passant par le point de la parabole où la courbure est égale à + 1 représenterait évidemment une famille dont le parent commun contiendrait 50 p. 100 de gènes dominants et 50 p. 100 de récessifs.

Les démonstrations conduisant à cette interprétation figurent dans l'article de HAYMAN cité en référence. Nous ferons cependant la remarque suivante :

— les parents qui contiennent le plus grand nombre de dominants contrôlant le caractère étudié produisent évidemment les descendances présentant la moindre variation entre elles et avec leurs autres parents possédant moins de dominants. Les points représentatifs des familles dont les parents constants sont les variétés qui possèdent le plus de dominants seront donc les plus proches de l'origine.

Nous avons appliqué la méthode de HAYMAN à l'étude de la première génération du croisement diallèle entre les quatre variétés d'Orge, *Piroline, Rika, Carlsberg II, Proctor*. Nous avions choisi ces variétés en raison de leur valeur agronomique. Les caractères étudiés ont été le poids de 1 000 grains (qui a une incidence directe sur la qualité) et le rendement en grain par plante. Nous avons effectué les mesures sur les récoltes d'un essai « blocs » à six répétitions, établi en 1959, et où figuraient les quatre parents et les six F_1 ; chaque parcelle de cet essai était représentée par une ligne de 1,50 m, comportant vingt plantes ; ces « parcelles » étaient séparées par une ligne de Blé de printemps, la distance entre lignes étant 0,25 m. Les deux plantes de bordure de chaque « parcelle » ont été exclues des mesures. Nous ajouterons, enfin, que les croisements avaient été faits en 1958, chacun dans un seul sens, ce qui revenait à admettre l'identité des croisements réciproques. Voici quels ont été les résultats de l'essai « F_1 » :

TABLEAU I

Poids de 1 000 grains, en g		Rendement en grain, par plante, en g	
Parent ou F_1	Moyennes	Parent ou F_1	Moyennes
Carlsberg II × *Piroline*	54,5	*Carlsberg II* × *Piroline*	20,3
Proctor × *Piroline*	52,1	*Proctor* × *Carlsberg II*	19,1
Rika × *Piroline*	51,9	*Proctor* × *Piroline*	19,0
Carlsberg II	51,8	*Rika* × *Piroline*	17,7
Carlsberg II × *Rika*	51,3	*Proctor* × *Rika*	17,6
Proctor × *Carlsberg II*	51,2	*Piroline*	16,7
Piroline	50,4	*Carlsberg II* × *Rika*	16,5
Proctor × *Rika*	49,1	*Carlsberg II*	16,3
Rika	48,2	*Rika*	14,3
Proctor	45,4	*Proctor*	14,1
MG = 50.6 *d* = 1.0 *d* % de MG = 1,99 CV = 1,68		MG = 17.2 *d* = 2.2 *d* % de MG = 12,8 CV = 10,9	

Nous avons établi en 1962, pour chaque croisement, un essai comportant les deux parents et quarante quatre descendances « mél F_4 » issues de plantes F_2, puis de lignées F_3 retenues après tirage au sort. Nous avions adopté, pour ces essais, un schéma « triple lattice » à trois répétitions ; les parcelles d'essai avaient une surface de 5,25 m^2 et nous avions semé 133 grains par m^2. *Piroline* figurait dans tous les essais comme témoin commun.

Les coefficients de variation des essais « F_4 », pour le rendement, ont été les suivants :

Croisements	CV
Rika × *Piroline*	6,66
Carlsberg II × *Piroline*	8,33
Proctor × *Piroline*	5,84
Carlsberg II × *Rika*	6,36
Proctor × *Rika*	5,30
Proctor × *Carlsberg II*	6,81

Étude du poids de 1 000 grains

La table diallèle des moyennes de l'essai « F_1 », exprimées en grammes, se présente ainsi :

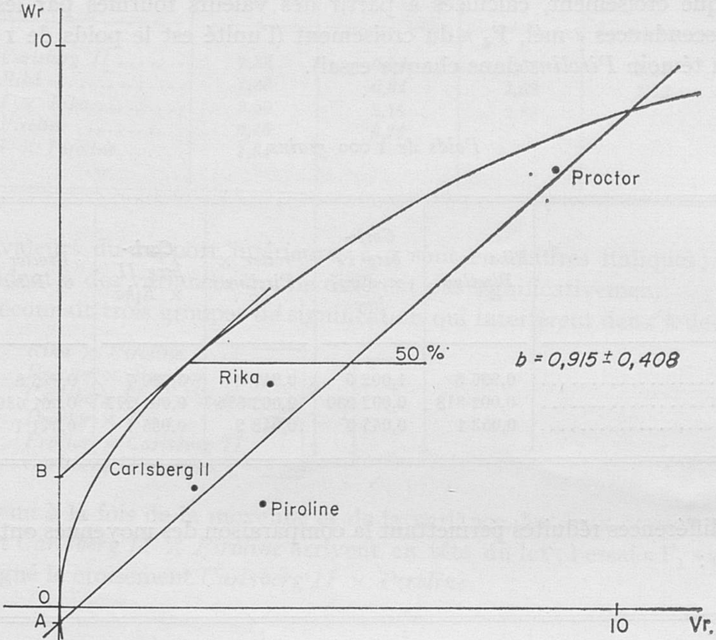
	Piroline	*Rika*	*Carlsberg II*	*Proctor*
Piroline	50,4	51,9	54,5	52,1
Rika	51,9	48,2	51,3	49,1
Carlsberg II	54,5	51,3	51,8	51,2
Proctor	52,1	49,1	51,2	45,4
Total	208,9	200,5	208,8	197,8

Les valeurs de la variance des moyennes parentales $V\bar{p}$, de la variance et de la covariance des familles Vr et Wr, calculées à partir de cette table, sont les suivantes :

$$V\bar{p} = 7{,}797$$

Familles	Vr	Wr
Piroline	3,572	1,8347
Rika	3,764	3,9947
Carlsberg II	2,420	2,1400
Proctor	8,870	7,8233

L'équation de la parabole limite est $Wr^2 = 7{,}797\ Vr$ et celle de la droite de régression de Wr en Vr : $Wr = 0{,}915\ Vr - 0{,}312$.



GRAPH. 2. — *Régression de Wr en Vr pour le poids de 1 000 grains*

La pente de la droite de régression diffère significativement de zéro ($t = 4{,}495$; valeur de t au seuil 0,05 et pour 2 degrés de liberté : 4,303) mais ne diffère pas significativement de l'unité (probabilité de l'écart réduit comprise entre 0,70 et 0,80).

L'interprétation est la suivante :

— le système de gènes contrôlant le caractère est additif ;

— il y a, peut-être, une légère superdominance et, probablement, dominance complète ;

— *Carlsberg II* et *Piroline* possèdent une proportion importante de dominants ; ensuite vient *Rika*. *Proctor* possède la plupart des récessifs.

Comme la dominance est probablement complète, ou presque, l'intensité d'expression du caractère, pour un génotype quelconque, va dépendre du nombre de dominants non-alléliques que possède ce génotype.

Nous savons déjà que *Carlsberg II* et *Piroline* sont les deux parents qui possèdent le plus de dominants.

D'autre part, la F_1 *Carlsberg II* × *Piroline* a eu, en essai, la moyenne la plus élevée, et ceci de façon significative. Elle s'est montrée, de plus, significativement transgressive.

Ces indications concordent pour désigner le croisement *Carlsberg II* × *Piroline* comme le meilleur.

Nous allons comparer ces prévisions avec l'estimation des croisements faite à partir des essais « F_4 ».

Le tableau ci-après donne la moyenne et la variance des poids de 1 000 grains dans chaque croisement, calculées à partir des valeurs fournies par les quarante-quatre descendances « mél, F_4 » du croisement (l'unité est le poids de 1 000 grains moyen du témoin *Piroline* dans chaque essai).

Poids de 1 000 grains

	Rika × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Piroline*	*Proctor* × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Rika*	*Proctor* × *Rika*	*Proctor* × *Carlsberg II*
Moyenne	0,996 8	1,002 5	0,949 0	0,990 7	0,946 8	0,922 3
Variance	0,002 818	0,002 030	0,002 395	0,001 277	0,001 686	0,001 688
Écart-type	0,053 1	0,045 0	0,048 9	0,035 7	0,041 1	0,041 1

Les différences réduites permettant la comparaison des moyennes ont les valeurs suivantes :

	Rika × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Piroline*	*Proctor* × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Rika*	*Proctor* × *Rika*
Proctor × *Carlsberg II*	7,362	8,726	2,773	8,330	2,800
Proctor × *Rika*	4,946	6,067	*0,228*	5,350	
Carlsberg II × *Rika*	*0,632*	*1,362*	4,565		
Proctor × *Piroline*	4,425	5,339			
Carlsberg II × *Piroline*	*0,543*				

A la probabilité 0,05 correspond une différence réduite sensiblement égale à 2. Les différences réduites correspondant à des moyennes qui ne diffèrent pas significativement sont en chiffres italiques. On reconnaît trois groupes de signification :

1	2	3
Carlsberg II × *Piroline*	*Proctor* × *Piroline*	*Proctor* × *Carlsberg II*
Rika × *Piroline*	*Proctor* × *Rika*	
Carlsberg II × *Rika*		

La comparaison des variances nous amène à calculer les valeurs du rapport $\frac{s - s'}{s_{(s - s')}}$ s et s' étant les écarts types des deux croisements que l'on compare, $s_{(s - s')}$ l'écart type de leur différence.

	Rika × Piroline	*Carlsberg II × Piroline*	*Proctor × Piroline*	*Carlsberg II × Rika*	*Proctor × Rika*
Proctor × Carlsberg II	2,38	*0,84*	*1,62*	*1,32*	0
Proctor × Rika	2,36	*0,84*	*1,62*	*1,32*	
Carlsberg II × Rika	3,60	2,14	2,88		
Proctor × Piroline	*0,76*	*0,78*			
Carlsberg II × Piroline	*1,54*				

Les valeurs du rapport inférieures à 2 sont en chiffres italiques ; ces valeurs correspondent à des variances qui ne diffèrent pas significativement.

On reconnaît trois groupes de signification qui interfèrent deux à deux :

Rika × Piroline
Proctor × Piroline — 1
Carlsberg II × Piroline
Proctor × Rika — 2
Proctor × Carlsberg II — 3
Carlsberg II × Rika

(Groupe 1 : *Rika × Piroline* à *Carlsberg II × Piroline* ; groupe 2 : *Proctor × Piroline* à *Proctor × Carlsberg II* ; groupe 3 : *Proctor × Rika* à *Carlsberg II × Rika*.)

Compte tenu à la fois de la moyenne et de la variance, les deux croisement *Rika × Piroline* et *Carlsberg II × Piroline* arrivent en tête du lot ; l'essai « F_1 » avait seulement désigné le croisement *Carlsberg II × Piroline*.

ÉTUDE DU RENDEMENT

Les valeurs moyennes du rendement en grain par plante, exprimées en grammes, dans l'essai « F_1 », sont les suivantes :

	Piroline	*Rika*	*Carlsberg II*	*Proctor*
Piroline.................	16,7	17,7	20,3	19,0
Rika	17,7	14,3	16,5	17,6
Carlsberg II..............	20,3	16,5	16,3	19,1
Proctor	19,0	17,6	19,1	14,1
Total	73,7	66,1	72,2	69,8

Comme précédemment, nous avons calculé la variance des moyennes parentales $V\bar{p}$, les variances et covariances des familles, V*r* et W*r*.

$$V\bar{p} = 1{,}797$$

Familles	V*r*	W*r*
—	—	—
Piroline..............................	2,449	— 0,1683
Rika	2,496	0,8517
Carlsberg II	3,877	0,5633
Proctor	5,457	2,5633

La pente de la droite de régression serait ici $b = -0{,}041$ et l'écart-type de b, s_b, égal à 0,312 ; bien entendu, b n'est pas significativement différent de zéro et l'hypothèse d'additivité du système génique en cause ne tient plus. Il existe une interaction qui est, ici, de nature spécifique.

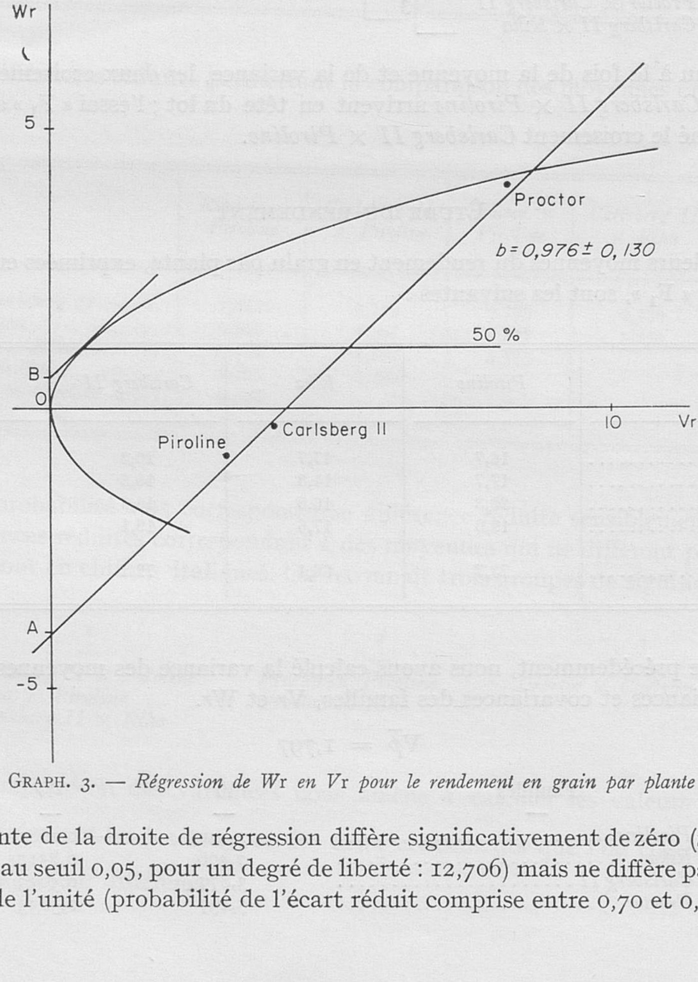
En effet, nous avons cherché si l'omission d'un des parents nous ramenait au cas d'additivité c'est-à-dire s'il existait un diallèle partiel sans interaction.

En omettant successsivement *Piroline*, *Rika*, *Carlsberg II*, *Proctor*, nous avons constaté que seule l'omission de *Rika* conduisait au résultat cherché. Nous donnons, ci-après, les calculs relatifs au diallèle partiel sans *Rika* :

$$V\bar{p} = 1{,}96$$

Familles	Vr	Wr
Piroline	3,1366	— 0,8385
Carlsberg II	4,0276	— 0,3185
Proctor	8,1700	+ 3,9500

L'équation de la parabole limite est $Wr^2 = 1{,}96\ Vr$ et l'équation de la droite de régression de Wr en Vr: $Wr = 0{,}976\ Vr - 4{,}058$.



GRAPH. 3. — *Régression de Wr en Vr pour le rendement en grain par plante*

La pente de la droite de régression diffère significativement de zéro ($t = 15{,}015$; valeur de t au seuil 0,05, pour un degré de liberté : 12,706) mais ne diffère pas significativement de l'unité (probabilité de l'écart réduit comprise entre 0,70 et 0,80).

L'interprétation est la suivante :

— le système de gènes contrôlant le caractère est additif ;

— il y a superdominance ; B étant le point d'intersection de la tangente à la parabole parallèle à la droite de régression et de l'axe des W*r*, on voit, sur le graphique, que le rapport $\frac{AB}{OB}$ est élevé. D'après l'analyse de HAYMAN, ce rapport est indicatif de la valeur de la superdominance ;

— *Carlsberg II* et *Piroline* possèdent une proportion importante de dominants et *Proctor* à peu près tous les récessifs.

Comme il y a superdominance, l'intensité d'expression du caractère, chez une F_1, dépend, pour une part, du nombre de dominants non alléliques qu'elle possède et, pour une autre part, du nombre de ces dominants qui sont associés à leur allèle récessif.

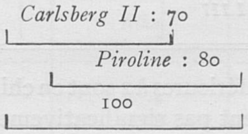
Les F_1 *Carlsberg II* × *Piroline*, *Proctor* × *Piroline*, *Proctor* × *Carlsberg II* ont eu, en essai, des moyennes non significativement différentes et toutes trois transgressives.

Proctor possède à peu près tous les récessifs ; le génotype pour le rendement des F_1 *Proctor* × *Piroline* et *Proctor* × *Carlsberg II* doit être à peu près complètement hétérozygote. On ne pourra probablement tirer, de ces deux croisements, aucune lignée supérieure au parent le plus productif.

C'est seulement dans la descendance du croisement *Carlsberg II* × *Piroline* que nous pouvons espérer fixer, ultérieurement, des lignées transgressives pour le rendement.

D'après le graphique, *Carlsberg II* possède environ 70 p. 100 de dominants, *Piroline* 80 p. 100. A elles deux, ces variétés possèdent la quasi-totalité des dominants impliqués dans le diallèle.

Cette situation peut être représentée, graphiquement, de la façon suivante :



Carlsberg II et *Piroline* ont en commun 50 p. 100 des dominants. Le pourcentage d'hétérozygotie du système de gènes contrôlant le rendement, chez leur F_1, est donc de 50 p. 100 (naturellement, la précision de ce résultat est fonction de la précision avec laquelle ont été estimés les pourcentages de dominants, chez les parents).

Les pourcentages d'hérérozygotie correspondants, chez les F_1 *Proctor* × *Carlsberg II* et *Proctor* × *Piroline*, étaient respectivement 70 p. 100 et 80 p. 100.

Mais la F_1 *Carlsberg II* × *Piroline* possède la totalité des dominants impliqués dans le diallèle.

En comparant les totaux des familles, dans la table diallèle qui figure au début de ce paragraphe, on constate que l'interaction introduite par *Rika* joue dans un sens défavorable ; le meilleur croisement doit donc bien être, en définitive, *Carlsberg II* × *Piroline*.

La médiocrité de la valeur en combinaison de *Rika* peut être prévue d'après les résultats de l'essai « F_1 ». On constate, en effet, que les croisements où intervient *Rika* se classent systématiquement après les autres pour le rendement en grain par plante.

Comme pour le poids de 1 000 grains, nous allons comparer les prévisions précédentes avec l'estimation des croisements obtenue à partir des essais « F_4 ».

Nous donnons, ci-après, la moyenne et la variance des rendements parcellaires moyens dans chaque croisement, calculées à partir des valeurs fournies par les quarante-quatre descendances « mél. F_4 » du croisement (l'unité est le rendement parcellaire moyen du témoin *Piroline* dans chaque essai).

Rendement parcellaire moyen

	Rika × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Piroline*	*Proctor* × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Rika*	*Proctor* × *Rika*	*Proctor* × *Carlsberg II*
Moyenne..........	1,070 7	1,083 6	1,021 1	1,033 5	0,990 8	0,983 7
Variance	0,002 900	0,003 140	0,001 443	0,002 036	0,002 107	0,001 406
Écart-type..........	0,054 2	0,056 3	0,037 9	0,045 1	0,045 9	0,037 4

Les différences réduites permettant de comparer les moyennes des croisements deux à deux ont les valeurs suivantes :

	Rika × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Piroline*	*Proctor* × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Rika*	*Proctor* × *Rika*
Proctor × *Carlsberg II*	8,790	9,832	4,648	5,630	*0,794*
Proctor × *Rika*	7,490	8,505	3,373	4,400	
Carlsberg II × *Rika*	3,510	4,621	*1,394*		
Proctor × *Piroline*..........	4,990	6,127			
Carlsberg II × *Piroline*.......	*1,117*				

Les différences réduites inférieures à 2 sont en chiffres italiques ; elles correspondent à des moyennes qui ne diffèrent pas significativement. On reconnaît trois groupes de signification :

1	2	3
Rika × *Piroline*	*Proctor* × *Piroline*	*Proctor* × *Rika*
Carlsberg II × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Rika*	*Proctor* × *Carsberg II*

Nous calculons ensuite les valeurs du rapport $\frac{s - s'}{s_{(s - s')}}$ destinées à la comparaison des variances :

	Rika × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Piroline*	*Proctor* × *Piroline*	*Carlsberg II* × *Rika*	*Proctor* × *Rika*
Proctor × *Carlsberg II*	3,40	2,72	*0,12*	*1,74*	*1,90*
Proctor × *Rika*	*1,56*	*1,90*	*1,78*	*0,16*	
Carlsberg II × *Rika*	*1,72*	2,06	*1,62*		
Proctor × *Piroline*..........	2,28	3,60			
Carlsberg II × *Piroline*	*0,36*				

Les valeurs en chiffres italiques correspondent à des variances qui ne diffèrent pas significativement. On reconnaît trois groupes de signification qui interfèrent :

Carlsberg II × *Piroline*
Rika × *Piroline* 1
Proctor × *Rika*
Carlsberg II × *Rika* 2
Proctor × *Piroline* 3
Proctor × *Carlsberg II*

Compte tenu à la fois de la moyenne et de la variance, le croisement *Rika* × *Piroline* se classe en tête, avec le croisement *Carlsberg II* × *Piroline*. La modification du classement à la suite des essais « F_4 » est donc importante puisque l'analyse « F_1 » nous avait conduit à rejeter *Rika* comme mauvais géniteur.

DISCUSSION

1) Il existe une distorsion entre les résultats des analyses « F_1 » et « F_4 ». Les essais « F_4 » désignent, comme les meilleurs, les deux croisements *Rika* × *Piroline* et *Carlsberg II* × *Piroline* alors que l'analyse « F_1 » désigne le seul croisement *Carlsberg II* × *Piroline*. Nous devons rechercher la cause de cette distorsion.

Nous remarquons que l'essai « F_1 », semé à très faible densité, n'a pas subi de verse. Par contre, les essais « F_4 » ont subi une verse importante et sélective que traduisent les chiffres du tableau ci-après :

	Piroline	*Rika*	*Carlsberg II*	*Proctor*
Piroline	6,63	5,98	8,47	7,32
Rika	5,98	5,78	6,75	6,45
Carlsberg II	8,47	6,75	9,55	8,88
Proctor	7,32	6,45	8,88	8,67
Total	28,40	24,96	33,65	31,32
Moyenne	7,10	6,24	8,41	7,83

0 = non versé ; 10 = verse à plat.

La note de chaque croisement représente la moyenne des notes de verse des quarante-quatre descendances « mél. F_4 » de ce croisement. La note de chaque parent représente la moyenne des notes des répétitions de ce parent dans les trois essais où il figurait.

Ce tableau met en évidence la valeur de *Rika* comme géniteur de résistance à a verse et ceci contribue à expliquer, à notre avis, les différences qui existent entre les résultats des analyses « F_1 » et « F_4 ».

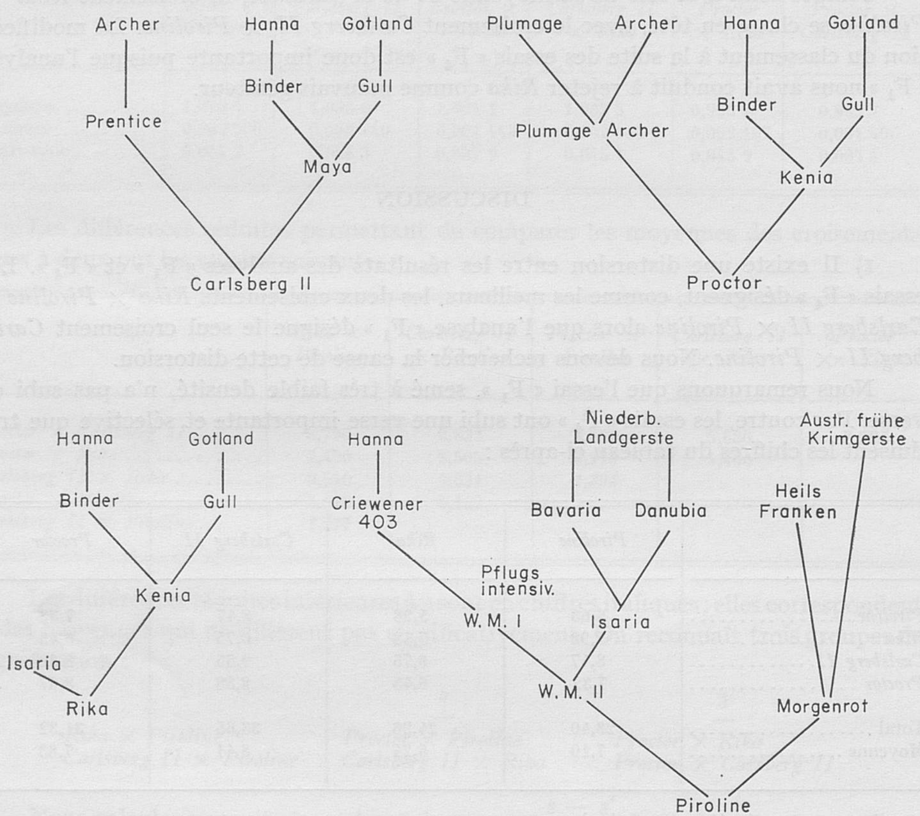
Un facteur essentiel, la résistance à la verse, a échappé à l'analyse « F_1 » ; on connaît, en effet, l'influence de la verse sur le poids de 1 000 grains et le rendement.

Ce facteur est particulièrement important chez l'Orge, espèce sensible à la verse.

2) Si nous comparons les moyennes des poids de 1 000 grains, dans l'essai « F_1 », nous constatons que celles des croisements où figure *Piroline* sont toutes significativement transgressives. Les moyennes des autres F_1 ne sont pas transgressives, ou, du moins, pas significativement.

Ceci n'est pas le fait du hasard. Voici quels sont les arbres généalogiques des parents de notre diallèle :

TABLEAU 2



On constate que *Rika, Carlsberg II, Proctor* sont assez étroitement apparentés. Par contre, *Piroline* a une filiation largement différente.

3) Nous avons comparé, d'après les résultats des essais « F_4 », les valeurs des parents « moyens » aux valeurs moyennes des croisements correspondants.

Les coefficients de corrélation ont les valeurs suivantes :

pour le poids de 1 000 grains : 0,99
pour le rendement : 0,78

La valeur du coefficient de corrélation au seuil 0,05, pour quatre degrés de liberté, serait 0,81.

Le premier coefficient est, naturellement, hautement significatif ; le second ne l'est pas mais est proche du seuil de signification.

Nous avons constaté, lors de l'analyse « F_1 » du rendement, l'existence de la superdominance. Nous avons vu, aussi, que le système de gènes contrôlant le rendement pouvait admettre, chez les F_1, des pourcentages variables d'hétérozygotie. Bien que les conditions des essais « F_1 » et « F_4 » aient été différentes, l'hétérozygotie qui existe encore, à la F_4, pourrait être intervenue, dans le second cas, pour altérer la corrélation. Lorsqu'une F_1 est hétérozygote pour n paires factorielles indépendantes, on sait, en effet, que le pourcentage d'individus homozygotes pour ces n paires, dans sa descendance, est donné par la formule $\left(\frac{2^r - 1}{2^r}\right)^n$ où r représente le nombre de générations compté à partir de la F_2. Ce pourcentage varie en fonction de n.

Il est possible, également, que des phénomènes d'épistasie se soient manifestés au niveau des essais « F_4 » ; nous avions déjà constaté l'existence de tels phénomènes au niveau de l'essai « F_1 ».

CONCLUSION

Il paraît intéressant de poursuivre cette étude. Reprenant le même croisement diallèle, nous projetons de faire, en 1964, une analyse comparée d'un essai « F_2 » semé à densité « de pépinière » et d'un essai « F_2 » semé à densité « de culture ».

Nous pensons utiliser, pour l'analyse du premier essai, des valeurs moyennes par plante, pour l'analyse du second, au contraire, des valeurs moyennes par parcelle.

Nous désirons vérifier, en particulier, l'intérêt de l'analyse « F_2 » pour un caractère dont l'expression peut être influencée par des manifestations de superdominance. Nous pouvons éliminer l'épistasie, si elle existe, et nous placer dans le cas d'un système de gènes additif. Dès lors, la déviation de la valeur moyenne du caractère, chez une F_2, par rapport à la moyenne des valeurs parentales, sera due à l'intervention de la superdominance provoquée par l'hétérozygotie ; nous pouvons, de cette façon, estimer celle-ci (en admettant que chaque locus hétérozygote ait une part égale dans l'expression totale de la superdominance).

Les pourcentages de dominants que possèdent les parents ayant été déterminés, une représentation graphique linéaire, analogue à celle que nous avons déjà utilisée, nous montre que l'hétérozygotie, pour une combinaison donnée. dépend du nombre de dominants parentaux qui diffèrent. Plus ce nombre est grand, plus l'hétérozygotie est importante, à la F_1, et le pourcentage d'hétérozygotes élevé, à la F_2.

Il est donc probable que l'analyse « F_2 » peut apporter une contribution intéressante à l'estimation des valeurs relatives des différentes combinaisons d'un croisement diallèle. En ce qui concerne le rendement, nous avons souvent constaté, en essais, que les rendements de F_2, chez l'Orge, présentaient des déviations plus ou moins fortes, allant jusqu'à la transgression, par rapport aux moyennes des rendements parentaux.

Nous croyons, en définitive, que la méthode de HAYMAN représente, malgré certaines hypothèses restrictives comme celle du biallélisme, un moyen d'approche d'un intérêt incontestable lorsqu'on étudie les mécanismes du rendement.

Reçu pour publication en avril 1964.

SUMMARY

A STUDY OF A DIALLEL CROSS OF BARLEY

In 1958, we completed a diallel cross involving the four varieties of spring barley *Piroline*, *Rika*, *Carlsberg II*, and *Proctor*.

In 1959, we analysed this cross using Hayman's method ; this analysis was made from a test sowing with a « nursery » density and comprised the six F_1 and the four parents ; its was based upon the weight of 1 000 grains and the yield of grain per plant.

In 1962, we carried out, for each cross, a test sowing with a « field » density, with 44 « mixed F_4 » descendants of this cross ; the F_2 plants and the corresponding F_3 offsspring had been retained, in 1960 and 1961, by random selection. Then, for the 44 « mixed F_4 » descendants in each experiment, we calculated the mean and variance for the « yield » and the « weight of 1 000 grains », to estimate the potentialities of each cross with respect to these two characteristics.

In this article, we compare the predictions made following the « F_1 » analysis with the estimates supplied by the « F_4 » experiments. This comparison shows the influence which the experimental conditions can have on the results of the analysis and on the predictions which come from it.

ZUSAMMENFASSUNG

VERSUCH ÜBER EINE DIALLELE KREUZUNG BEI GERSTE

Im Lauf des Jahres 1958 haben wir eine diallele Kreuzung bei vier verschiedenen Frühlingsorten von Gerste durchdeführt ; und zwar : *Piroline, Rika, Carlsberg II, Proctor.*

1959 haben wir diese Kreuzung nach der Hayman' schen Methode ausgewertet. Diese Analyse wurde mit Hilfe eines Versuches gemacht, der mit Zuchtgartendichte gesät wurde und sex F_1 und vier Eltern Sorten enthielt. Sie bezog sich auf das Gewicht von 1 000 Körnern und den Körnerertrag jah Pflanze.

Im Jahre 1962 haben wir für jede Kreuzung einen Versuch mit normaler Saatdichte vergenommen, bei dem vierundvierzig Abstammungen « Mischung F_4 » dieser Kreuzung vertreten waren. Die F_2 Pflanzen und die entsprechenden F_3 Linien wurden 1960 und 1961 nach Auslosung zurückbehalten. Für jeden Versuch haben wir auschliessend den Durchschnitt die Varianz des Tausen Körnergewichtes und des Ertrages für die vierundvierzig. Abstammungen ausgerechnet, um die möglichen Leistungen dieser beiden Eigenschaften einschätzen.

In diesem Bericht haben wir das Vorkersagen das infolge der Analyse « F_1 » gemacht wurden mit jenen Schätzungen, die uns die Versuche « F_4 » geliefert haben, vergliechen. Aus diesem Vergleich ergibt sich, welcher Einfluss die Versuchsbedingungen auf die Schlussergebnisse der Analyse und auf das daraus abgeleitete Vorhersagen ausgeübt hatten.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GRAFIUS J. E., 1959. Heterosis in barley. *Agron. J.*, **51**, 551-554.

HAYMAN B. I., 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, **39**, 789-809.

HULL F. H., 1945. Regression analysis of yields of hybrid corn and inbred parent lines. *Maize Genetics Newsletter*, **19**, 21-27.

JINKS J. L. and HAYMAN B. I., 1953. The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics Newsletter*, **27**, 48-54.

JINKS J. L., 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics*, **39**, 767-788.

JOHNSON L. P. V. and RUSTEM A., 1959. Inheritance of yielding capacity in a fifteen-parent diallel cross of barley. *Canad. J. Genet. Cytol.* **1**, 208-265.

LUPTON F. G. H., 1961. Studies in the breeding of self-pollinating cereals. 3. Further studies in cross prediction. *Euphytica*, **10**, 209-224.

MATHER K., 1949. *Biometrical Genetics.* Methuen and Co, London.

WHITEHOUSE R. N. H., THOMPSON J. B., DO VALLE RIBEIRO M. A. M., 1958. Studies on the breeding of self-pollinating cereals. 2. The use of a diallel cross analysis in yield prediction. *Euphytica*, **7** 147-169.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (3), 261-269.

ANALYSE DU RENDEMENT ET SÉLECTION POUR LA PRODUCTIVITÉ RECHERCHES CHEZ L'AVOINE DE PRINTEMPS

I. CONCEPTIONS ET MÉTHODES DANS LA SÉLECTION POUR LA PRODUCTIVITÉ CHEZ LES CÉRÉALES AUTOGAMES

L. DEGRAS

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Centre national de Recherches agronomiques, Versailles (Seine-et-Oise)

SOMMAIRE

L'intérêt permanent d'une sélection pour la productivité, même dans les croisements destinés à l'acquisition de résistances, est souligné.

Les conceptions de la productivité et les problèmes de sélection qui s'y rattachent, chez les Céréales autogames, sont groupés d'après la méthode d'analyse du rendement. L'analyse morphologique montre la diversité des structures spécifiques et intraspécifiques. La sélection à partir des composantes du rendement ne peut être basée sur la biométrie seulement. L'analyse génique du rendement permet des estimations précises de la valeur relative des croisements et des descendances. Mais elle est limitée par les interactions entre le génotype et le milieu. L'analyse physiologique du rendement permettra de mieux connaître les ressorts variétaux de la productivité lorsqu'un lien sera établi dans la complexité des processus, en particulier entre l'activité méristématique et la distribution de la matière sèche.

Dans la pratique de la sélection pour la productivité, il faut associer ces trois méthodes en tenant compte des effets de compétition et du milieu sélectif.

I — INTRODUCTION

Il est classique de souligner le double aspect de la sélection pour le rendement : recherche de variétés adaptées aux aléas du sol, du climat et du milieu biologique, recherche de variétés intrinsèquement plus productives. On reconnaît généralement que le premier type de recherche a déjà assez bien trouvé sa voie. Le schéma en

demeure : une définition de l'agent adverse, la reconnaissance des niveaux d'intervention dans la plante, l'inventaire des adaptations physiologiques et génétiques adéquates de l'espèce ou du genre, l'intégration de celles-ci dans un matériel de valeur agronomique élevée. La sélection à l'égard des maladies est une mise en œuvre, courante aujourd'hui, d'un tel schéma. Dès le début du siècle sa rentabilité s'était affirmée. En 1923, ENGLEDOW et WADHAM pouvaient écrire : « La résistance aux maladies et aux accidents de végétation est probablement la voie la plus directe de progrès dans l'élaboration de formes productives. »

Il peut sembler paradoxal que ces mêmes auteurs aient pratiquement réalisé le premier ensemble d'observations consacrées à l'élévation du rendement par l'étude de facteurs intrinsèques de la productivité. Ils donnaient à leur entreprise les motifs suivants : en premier lieu, comme il est matériellement impossible de connaître expérimentalement la productivité de toutes les formes proposées par l'hybridation ou la mutation, il faut disposer de critères d'appréciation de la productivité qui allègent l'expérimentation ; en second lieu, on peut entrevoir le moment où l'addition des résistances aura atteint le maximum de sécurité pour la végétation, le rendement sera alors limité, au point de vue variétal, par l'aptitude intrinsèque du végétal à produire.

Une telle « prévision » n'est-elle pas utopique aujourd'hui ? L'inventaire des résistances à acquérir fait reculer chaque jour, chez les Céréales autogames comme ailleurs, une limite définie par le cumul des résistances nécessaires. La réalité de la sélection pour le rendement justifie, pourtant, l'essentiel des vues de ENGLEDOW et WADHAM.

Au cours de l'adjonction de résistances à un matériel d'un bon niveau cultural, la distinction entre le rôle complémentaire des résistances et la participation de géniteurs à l'accroissement de la productivité intrinsèque se révèle dangereuse et bien sommaire. En effet, si la nature oligogénique de nombreuses résistances est certaine, leur introduction est rarement obtenue sans une altération de la valeur agronomique du matériel d'adaptation générale. Cette détérioration peut n'être que relative, d'ailleurs : dans l'aire culturale de ce matériel, le niveau d'adaptation générale aura dépassé, par d'autres voies, le niveau de départ du parent le meilleur qui n'aurait été que sauvegardé entre l'hybridation et la fixation d'un matériel résistant. L'amélioration du rendement par l'acquisition de résistance doit, pour une exploitation pratique des résistances, inclure une recherche des types intrinsèquement plus productifs. La négligence de cet aspect ou sa minimisation risque de conduire à l'obtention répétée de « géniteurs » d'exploitation indéfiniment décevante. Une sélection simplement complémentaire atteindrait vite une limite. Si la recherche de résistance demeure une voie essentielle d'élévation du rendement, c'est autant parce qu'elle permet la consolidation des secteurs d'expression d'une productivité acquise en gros, que parce qu'elle donne l'occasion d'accroître la productivité elle-même par des combinaisons inédites. Dépister ces combinaisons et, dans la mesure du possible, les provoquer, tels sont les objectifs toujours actuels des recherches sur la productivité et les méthodes d'élévation du potentiel variétal à cet égard.

Les recherches sur les conditions variétales de la productivité chez les Céréales autogames se sont exercées dans trois directions principales. La première définit la productivité comme la résultante d'aptitudes élémentaires portées par des « facteurs » dont l'analyse du rendement permet de désigner les plus efficaces et les plus

utilisables en amélioration ; au moment où s'élabore ce mode d'approche, morphologie descriptive et biométrie sont les disciplines biologiques qui offrent les bases les plus sûres à l'expérimentation : ces « facteurs » seront avant tout des *composantes* morphologiques. Une deuxième direction correspond à la conception de la productivité comme effet d'une structure chromosomique analysable en termes *géniques*. Une troisième direction considère comme l'essentiel dans la productivité la suite des processus analysables en phases *physiologiques*, à travers des données biophysiques et biochimiques de plus en plus précises et nombreuses.

II. — ANALYSE MORPHOLOGIQUE DU RENDEMENT

C'est à l'école de Cambridge (Engledow et ses collaborateurs, à partir de 1923) que revient semble-t-il le mérite initial d'avoir envisagé clairement l'utilisation de l'analyse du rendement dans l'élévation de la productivité des Céréales autogames. Ces chercheurs s'intéresseront surtout à la structure morphologique, aux composantes du rendement : nombre de plantes par unité de surface, nombre d'épis par plante, nombre de grains par épi, poids moyen du grain. Des nombreux travaux qui suivirent un peu partout, les plus importants ont été passés en revue pour le Blé par Jonard et Koller (1951), Winhues (1959), pour l'Orge par Froeier et *al.* (1959) et Aastveit (1961), pour l'Avoine par Coffman et Mac Key (1959).

Frey (de 1959 à 1962), aux États-Unis, a apporté récemment une remarquable contribution aux connaissances sur l'Avoine en ce domaine, tandis qu'en France Moule (1960, 1964) traçait les grandes lignes d'une étude à cet égard de matériel variétal local. Enfin, d'intéressantes comparaisons de structures entre Céréales autogames ont été réalisées par Guitard, Newman et Hoyt (1961) au Canada, Holm et Pedersen (1962) au Danemark, Boekholt (1962) en Allemagne.

Tous ces auteurs soulignent la difficulté de généraliser la plupart des résultats. Les moins contestables peuvent être rappelés ici.

1) L'expression maximum de la productivité étant généralement considérée comme coïncidant avec l'obtention de rendements élevés à l'abri de facteurs limitants marquants (sol, climat, technique culturale optima), elle n'est reconnaissable qu'en culture intensive (Isenbeck, 1949, Jonard et Koller, 1951). La capacité d'utilisation de fortes fumures en peuplement dense est alors une caractéristique majeure et la sensibilité à la verse est, du côté variétal, un facteur limitant primordial. L'anatomie et la morphologie du système « axial » (nervures, chaumes et racines, cf. Tsunoda, 1962) sont des caractéristiques capitales.

2) Dans des conditions culturales optima il serait possible de discerner des tendances spécifiques dans l'ordre des composantes concourant le plus à l'élévation de la productivité : chez le Blé les aptitudes au tallage et à la fertilité de l'épi seraient surtout à considérer (Guitard, Newman et Hoyt, Holm et Pedersen, Boeckholt) ; chez l'Orge le tallage aurait une plus grande participation à l'accroissement de la productivité (Froeier, Guitard et *al.*, Holm et Pedersen) ; chez l'Avoine le nombre de grains par panicule serait au premier rang, seul (Vidme, 1940 ; Frey, 1959 *d* ; Guitard et *al.*, Boekholt), avec le poids du grain (Moule, 1955) ou le tallage (Holm et Pedersen).

3°) Autour de ces tendances spécifiques une variation considérable s'établit en milieu optimum. Chez toutes les Céréales des tendances intraspécifiques se manifestent : tout niveau de rendement peut être atteint à partir de combinaisons distinctes des composantes (JONARD et KOLLER, WINHUES, FROEIER, COFFMAN et MAC KEY, MOULE, etc.). Cette « loi » de compensation se manifestera encore dans la difficulté d'obtenir un progrès dans la productivité par l'amélioration de certaines composantes. On tentera alors de définir des équilibres de composantes localement productifs en vue de rationaliser et d'accélérer le progrès en sélection. C'est le principe de la « méthode synthétique d'estimation » (total score method) de HAZEL et LUSH (1942), dont les formes biométriquement les plus élaborées dérivent de l'application de l'analyse discriminante préconisée par SMITH (1936). Mais, est-ce en raison de l'étroitesse de leur support, uniquement biométrique, de telles analyses ne devaient pas permettre des résultats incontestables (BOYCE, COPP et FRANKEL, 1947, PALMER, 1952, PANSE, 1957, FRANKEL, 1958, FREY, 1962 *a*). Il leur manquait en général les estimations de l'héritabilité, des corrélations génotypiques et phénotypiques déclarées nécessaires à l'efficacité d'une véritable méthode synthétique d'estimation.

III. — ANALYSE GÉNIQUE DU RENDEMENT

La définition des composantes du rendement précéda de peu ou accompagna les travaux sur leur hérédité. Si lors d'hybridation de types extrêmes (cf. par exemple PATTERSON et *al.*, 1963) un contrôle monogénique a pu être observé, dans les croisements les plus courants l'hérédité polygénique se révéla la plus fréquente. Aussi il fallut attendre que la connaissance de l'hérédité quantitative, et en particulier les notions d'héritabilité, l'utilisation des croisements diallèles, se développent chez les autogames, pour qu'y apparaisse la possibilité d'estimer l'intérêt de tels croisements, le comportement en descendance de tels caractères, les pressions de sélection les plus favorables à l'obtention de tels types de lignées. Un symposium récemment tenu aux États-Unis (cf. à DICKERSON, 1962) et, plus spécialement pour les autogames, la mise au point de ÉCOCHARD et HUET (1961) montrent les grand progrès et aussi les multiples problèmes des techniques qui en découlent. Tout comme chez le Blé (LUPTON et WHITE HOUSE, 1957, HUET et ÉCOCHARD, 1961), et l'Orge (AKSEL et JOHNSON, 1959, AASTVEIT, 1961), BERBIGIER, 1964), le nombre d'études réalisées chez l'Avoine est encore restreint. WALLACE et *al.* (1954) on tenté en vain d'établir, à partir d'estimations de l'héritabilité de cinq caractères, des index de sélection assurant un progrès supérieur à celui obtenu par l'estimation directe du rendement. Des valeurs de l'héritabilité du rendement ou de ses composantes ont été avancées par JONES (1957), PETR (1959), FREY (1959 *a*, 1962 *a* et *b*), MURPHY (1961), PAWLISCH et SHANDS (1962). Mais la démonstration reste à faire d'une plus grande efficacité de ces techniques (en dehors du nombre de croisements touchés) en comparaison avec la méthode classique où le rendement est directement évalué vers la F_5 après sélection généalogique.

Dans les séries de croisements où l'analyse statistique et génique en F_1-F_2 a permis de qualifier irréfutablement telle combinaison, il s'agit, soit de croisements à

géniteurs de valeurs agronomiques très inégales (WHITE HOUSE et *al.*, 1958, PAWLISCH et SHANDS, 1962) soit de séries où l'examen traditionnel des descendances aurait suffi (LUPTON, 1961).

Les limites des succès d'une sélection pour le rendement d'après les caractéristiques géniques des F_1-F_2 semblent provenir de trois ordres de faits : l'aptitude à la combinaison, l'héritabilité du rendement, la relation entre le génotype et le milieu dans le phénotype productif.

L'aptitude à la combinaison explique qu'une certaine « valeur en croisement » soit perceptible dès la F_1. Mais la part de la variation fixable et, dans celle-ci, l'importance de la fraction additive ne sont pas aisément définies.

L'héritabilité du rendement, généralement, ne s'affirme qu'aux environs de la F_5. Sa médiocrité initiale jointe aux incertitudes de signification de l'aptitude à la combinaison avantage relativement la sélection progressive de F_2 en F_5 qui, à la différence de l'analyse diallèle, s'appuie sur une réponse effective du matériel à une pression de sélection, en partie contrôlée.

L'ambiguïté des relations entre le génotype et le milieu, au niveau du rendement, explique les inconstances de nombreuses informations « géniques » tirées du même matériel. Une contrainte expérimentale, par exemple la nécessité d'une sélection au hasard, conduira à une mise en place artificielle (grand écartement) ou au risque de perturbations liées à la verse. Le travail dans une localité peut mettre en évidence un renversement du sens de linkage observé dans une autre localité (MATHER, 1955). L'analyse génique ne peut progresser sans le secours de l'analyse physiologique.

IV. — ANALYSE PHYSIOLOGIQUE DU RENDEMENT

Un important courant de recherches travaille à une meilleure compréhension des incidences physiologiques dans l'expression de la productivité. Ainsi que WATSON (1952) le fait remarquer, l'école de Cambridge soulignait déjà le rôle fondamental de l'analyse physiologique. Seulement, ENGLEDOW et WADHAM l'estimaient prématurée, en raison des insuffisances de l'écologie et de la physiologie d'alors. En simplifiant beaucoup on peut classer les travaux effectués suivant qu'ils se réfèrent au conditionnement radiculaire de la productivité, à la nutrition minérale surtout, ou qu'ils se réfèrent au conditionnement foliaire, à l'assimilation chlorophyllienne.

C'est à travers la réponse aux doses et aux époques de fumures que HOLM et PEDERSEN ont cru pouvoir établir les liaisons entre les modifications structurales du rendement et l'expression spécifique de la productivité chez les Céréales. FREY (1959 *b*) avait défini chez l'Avoine, à l'aide de fumures échelonnées, les étapes critiques, pour le rendement local (Iowa), des trois composantes : nombre de panicules par plante, nombre de grains par panicule, poids moyen du grain. La même méthode lui permettait de signaler des différences variétales dans la sensibilité des composantes à ces apports.

Chez le Blé, COÏC (1962) suggère de considérer l'intensité de la réponse à un apport d'engrais à l'épiaison comme caractéristique de la productivité des variétés. A ce stade la surface d'assimilation est à son maximum et la plante ne pourrait répondre

que par une accomodation qualitative qui aurait une valeur discriminante pour l'aptitude au rendement élevé.

Les travaux concernant les relations entre phytosynthèse et productivité prennent une croissante extension (cf. école hollandaise de Wageningen et notamment GAASTRA, 1962) faisant appel aux études de surface, d'intensité, de bilan d'assimilation. Il est peut-être trop tôt pour en espérer une interprétation cohérente de l'aptitude au rendement élevé. En dehors des recherches de TSUNODA (1959-1963) sur le Riz, on voit peu de résultats capables d'orienter, de ce point de vue, l'amélioration d'une céréale autogame. C'est surtout la complexité du problème qui ressort de la plupart des travaux.

C'est ainsi que de l'étude de WATSON, THORNE et FRENCH (1958) chez l'Orge, se dégage la difficulté qu'il y a à traduire les différences variétales de productivité en surface foliaire, taux net d'assimilation avant épiaison ou surface photosynthétique de l'épi. Dans leur matériel le poids de l'épi et la résistance à la verse seulement distinguaient la variété productive. Ces caractéristiques correspondent à deux articulations importantes dans les relations entre photosynthèse et productivité.

La première est la valeur déterminante de la période finale de la photosynthèse. WATSON et NORMAN (1939), FREY-WYSSLING et BUTTROSE (1959) ont établi la part importante de la photosynthèse de l'épi dans la productivité de l'Orge. ASANA et MANI (1950, 1955) ont entrevu des différences variétales à cet égard chez le Blé, et récemment JONARD (1962) a souligné le rôle de la durée fonctionnelle des deux feuilles apicales et de l'épi dans la productivité de cette espèce. Chez le Riz, céréale à panicule comme l'Avoine, selon KUMAGIRI et NASAKI (1950), 30 p. 100 de la photosynthèse s'effectuerait en dehors du système foliaire. L'examen des données de WILLIAMS conduit WATSON (1952) à admettre un rôle photosynthétique exceptionnel de la panicule chez l'Avoine. Les anciennes observations de BOONSTRA (1929) supposent toutefois une assez large répartition de la fonction productive dans le système foliaire de l'Avoine. Cela n'est peut-être pas sans rapport avec l'intense compétition dans la plante reconnue par STEPHENS (1942) au moment de l'organogenèse de la panicule.

L'autre articulation entre photosynthèse et productivité visible à travers l'étude de WATSON, THORNE et FRENCH, concerne la signification physiologique de la résistance à la verse. CARLES, SOUBIES et GADET (1960) ont insisté sur le rôle de l'équilibre glucide/azote dans cette résistance. Elle paraît bien être le résultat de l'association correcte de la nutrition minérale et de l'assimilation chlorophyllienne. Elle ne figurerait donc pas dans les normes de la variété productive en simple incidence de la technique culturale, mais comme répercussion structurale des processus physiologiques sollicités au cours de la sélection. Les modalités de redistribution de la matière sèche liées à la structure du chaume sont sans aucun doute impliquées dans cette répercussion. VAN DOBBEN (1962) rapporte le progrès dans la sélection du Blé, en Hollande, à l'efficacité accrue de la distribution de la matière sèche. La responsabilité des méristèmes dans les processus de migration (WILLIAMS, 1955, STOY, 1962), explique l'attention dont ils sont l'objet actuellement, dans l'optique d'un contrôle physiologique de la productivité.

On ne fera que mentionner ici les travaux importants entrepris en France par VINCENT (non publiés) où s'éclairent réciproquement, entre autres choses, les données d'anatomie, de biochimie, de biophysique et de génétique synthétisées au niveau de l'activité méristématique apicale.

V. — LA TECHNIQUE DE SÉLECTION

Ces conceptions structurales, géniques, physiologiques, de la productivité inspirent des tentatives de sélection qui, si elles s'en tiennent à l'application exclusive des principes, déçoivent souvent le sélectionneur. Aussi celui-ci se contentera-t-il en général d'élaborer des systèmes de croisement inspirés de ces principes, mais, dans le cours de sa sélection utilisera des pratiques empiriques susceptibles de dégager la variété « synthétique » supposée incluse dans ses croisements. L'accent est en effet porté beaucoup plus sur la nature des systèmes de croisements (une bonne revue en est faite par MAC KEY, 1963) que sur les techniques de sélection utilisées dans l'exploitation de chaque croisement. C'est sans doute aussi que l'important paraît être d'aboutir vite à un matériel fixé (et peu importeraient les conditions de fixation) en vue de l'essai de rendement, seul critère solide du niveau de productivité. Mais la nécessité de contrôler la valeur du plus grand nombre possible de variations issues de l'hybridation se heurte aux limites du champ d'expérimentation et du personnel d'observation. De ces contraintes découlent en grande partie la pratique des essais précoces de rendement et celle de conduite en mélange (bulk) des descendances hybrides.

Si des essais comparatifs peuvent intervenir entre croisements, dès la F_1 on reconnaît, en général (AASTVEIT, 1961 ; LUPTON, 1961) la nécessité d'aller en F_3 pour valider les schémas d'interprétation ou d'obtenir l'information indispensable à l'exploitation de certains croisements. A ce niveau un choix est obligatoire entre descendances. KEULS et SIEBEN (1955), KLEY (1955) ont fait valoir la possibilité de rationaliser le choix des descendances, à suivre en « bulk » jusqu'en F_5, par des estimations quantitatives de la dominance, du taux de sélection légitime et du taux de transgression. Mais on subirait alors les aléas d'estimation provoqués, entre autres, par l'interaction entre le génotype et le milieu. Par ailleurs, les travaux minutieux de SAKAI (1955) et ceux de WIEBE et *al.* (1962) ont précisé nombre des indications de HARLAN et MARTINI (1938) et de GUSTAFSON (1953) sur les distorsions que la compétition entre génotypes apporte aux valeurs réelles des populations autogames. Il ne semble pas que les estimations d'effets géniques envisagées en tiennent jamais compte.

La sélection par épi-ligne avec utilisation en essai, vers la F_6, du mélange de lignées sœurs du matériel suivi généalogiquement paie un tribut différent, mais certain, à ces effets de compétition. Certes, le matériel est presque fixé. Mais WIEBE et *al.* (1962) ont montré qu'une différence monogénique peut modifier la réponse à la compétition. Deux cas extrêmes sont à envisager : ou l'aptitude à la compétition en semis clair (pépinière) ne sera pas corrélative des aptitudes du matériel isogénique testé en semis dense (essai), ou elle pourrait l'être mais des différences géniques interviennent. La sélection de certains croisements pourraient être ainsi beaucoup plus aléatoire qu'il ne semble.

L'intérêt des essais précoces et la correspondance des performances des mélanges avec la valeur des lignées sélectionnées correspondantes demeurent problématiques (ATKINS et MURPHY, 1959, LUPTON et WHITE HOUSE, 1957, MCKENZIE et LAMBERT, 1961). L'écart entre l'objectif visé par le croisement et l'orientation progres-

sive du matériel sélectionné peut surgir aussi bien des disjonctions ou recombinaisons de génotypes mal assortis que de techniques de sélection inadéquates. Il faut reconnaître que les effets de sélections divergentes (soit par le milieu, soit par la technique), dans un matériel unique, ont été peu étudiées (cf. GOTOH et OSANAI, 1959). Leur intérêt dans la sélection pour la productivité est certain du moment que les conditions sélectives les meilleures pour un croisement donné à une génération ne peuvent pas être précisées.

VI. — CONCLUSION

Les dernières considérations ont conduit à souligner l'importance dans la technique de sélection des effets de compétition. Le repérage, la définition de ces effets au niveau de la plante montrent l'intégration des notions morphologiques, géniques et physiologiques du rendement. Dans la pratique de la sélection il devra toujours en être ainsi. L'adoption d'une des trois principales options décrites dans l'analyse du rendement peut fournir un fil conducteur dans la compréhension et la sélection d'un croisement. Aucune ne saurait être exclusive des autres.

Dans l'exposé des recherches effectuées à Versailles sur l'Avoine de printemps on s'en tiendra, pour l'instant, à l'analyse morphologique du rendement. Suivant le processus général dans l'investigation des bases de la productivité cette analyse a été la première entreprise. Des travaux en cours apporteront plus tard les éléments d'une analyse physiologique du rendement. Dans les deux cas les connexions génétiques ne seront pas ignorées. (*à suivre*).

Reçu pour publication en février 1964.

SUMMARY

ANALYSIS OF CROP YIELD AND SELECTION FOR PRODUCTIVE CAPACITY.

RESEARCH ON SPRING OATS.

I. — THEORIES AND METHODS RELATING TO SELECTION FOR PRODUCTIVITY OF AUTOGAMOUS CEREALS

The continuing interest of selection on the basis of productive capacity, even in crosses designed to build up resistance, is underlined.

Notions of productive capacity and associated problems of selection related to autogamous cereals are grouped in accordance with the method of crop yield analysis. Morphological analysis shows up the diversity of specific and intraspecific structures. Selection from crop constituents cannot be based solely on biometrics. Gene analysis of the crop allows a precise estimation of the relative value of crosses and descendants, but is limited by interactions between the genotype and the medium. Physiological analysis of the crop will permit a better familiarity with the varietal factors underlying productivity once a link is established in the complexity of the processes, partilarly between the meristematic activity and the distribution of dry matter.

In putting selection for productivity into practice, these three methods should be brought together, keeping in mind the effects of competition and of the selective medium.

ZUSAMMENFASSUNG

ERTRAGSANALYSE UND PRODÜKTIVITÄTSZÜCHTUNG
VERSUCHE MIT FRÜHLINGSHAFER
I. — BEGRIFFE UND VERFAHREN DER PRODÜKTIVITÄTSZÜCHTUNG BEI DEN SELBSTBESTÄUBENDEN GETREIDEARTEN

Das anhaltende Interesse einer Prodüktivitätszüchtung, selbst bei Kreuzungen die zu widerstandsfähigen Arten bestimmt sind, wird unterstrichen

Die Produktivitätsbegriffe und die für die selbstbestäubenden Getreidearten damit verbundenen Selektionsprobleme, werden nach dem Ertragsanalysenverfahren gruppiert. Die morphologische Analyse zeigt die Mannigfaltigkeit der spezifischen und intraspezifischen Struktur auf. Die von den Komponenten des Ertrags ausgehende Selektion kann nicht auf die Biometrie allein aufgebaut werden. Die genetische Analyse des Ertrages erlaubt den relativen Wert der Kreuzungen und der Nachkommenschaften genau zu schätzen. Sie ist jedoch durch die Interaktionen zwischen dem Genotyps und der Umwelt begrenzt. Die physiologische Ertragsanalyse wird den an die Sorte gebundenen Produktivitätszuwachs besser zu schätzen ermöglichen, wenn in der Komplexität der Verfahren ein Verhältniss festgestellt wird, insbesondere zwischen der meristematischen Tätigkeit und der Verteilung der Trockensubstanz.

In der Praxis der Zuchtung für den Ertrag müssen diese drei Verfahren unter Rücksichtnahme auf die Wettbewerbungs wirkungen und das Züchtungsmilieu zusammen benutzt werden.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (3), 271-294.

LE POTENTIEL DE LA LUZERNE *PROVENCE*

C CLAVIER

avec la collaboration technique de M. ANGEVAIN

Station d'Amélioration des Plantes, Centre de Recherches agronomiques du Midi,
École nationale supérieure agronomique, Montpellier (Hérault)

SOMMAIRE

La variété de Luzerne *Provence*, dont la culture subit actuellement un fort déclin, est depuis 1960 l'objet d'étude et d'amélioration à la Station d'Amélioration des Plantes de Montpellier.

La position botanique de cet écotype est discutable, mais ses caractéristiques diverses mettent en évidence son originalité. Son extrême hétérogénéité est révélée par l'étude de quelques grands caractères morphologiques, tels le port, la finesse des tiges et l'importance du feuillage, et physiologiques comme la résistance au froid ou à la sécheresse, la résistance aux maladies et la précocité.

Des corrélations simples permettent d'orienter les travaux de sélection pour la création de variétés nouvelles plus productives et mieux adaptées aux conditions méridionales.

INTRODUCTION

L'importance à donner au choix des provenances de Luzerne avait été très nettement mise en évidence dès 1935 par L. ALABOUVETTE et G. MENERET. Ces auteurs rappelaient que de multiples déboires attendraient ceux qui, utilisant des semences d'une variété réputée mais non adaptée à leur zone écologique, en espéreraient des résultats prometteurs.

ELLIS DAVIES (*Journal of the Brit. Grassland Soc.*, 1954, *9*, nº 4) faisait le bilan d'une telle erreur et soulignait la perte de production provoquée par l'utilisation de la Luzerne de *Provence* dans les pays septentrionaux.

Cette constatation venait confirmer les résultats de nombreux essais de comportement et de rendement réalisés en Europe et repris dans le cadre de l'O.E.C.E. par le groupe de travail « Amélioration des Herbages ».

Il est évident que les provenances méridionales, c'est le cas de *Provence*, sont vouées à échec dans les régions à hiver rigoureux. Par contre les écotypes des cli-

mats septentrionaux peuvent souvent déployer dans le sud une capacité de rendement élevé.

Provence présente néanmoins un certain nombre de caractéristiques favorables qui permettent d'espérer que cette Luzerne pourra être utilisée avantageusement dans des croisements dirigés en vue de la création de variétés nouvelles intéressantes pour les zones méditerranéennes.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES

En mars 1959 on a mis en place à Montpellier une pépinière de 15 000 pieds repiqués à l'écartement de 50 cm × 50 cm ; les plantes avaient été prélevées au hasard sur des semis effectués sur couche froide. Les semences provenaient d'un lot de *Provence* certifiée envoyé par la Station centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles. D'autres pépinières de moindre importance ont été installées dans les mêmes conditions à partir de semences contrôlées par la C.O.C.

Les observations sur les phénotypes ont commencé en février 1960 après une année d'établissement, la culture étant faite sans aucun appoint d'irrigation.

Les notations relevées périodiquement à intervalles courts ont permis en particulier de suivre la vitesse de croissance de tous les pieds.

Les coupes ont été faites pied par pied dès qu'apparaissaient les premières fleurs de façon à pouvoir suivre la vitesse de repousse d'une manière continue durant les années 1960 et 1961. La comparaison des comportements de différents écotypes mis en comparaison avec *Provence* a été réalisée au cours de différents essais mis en place en 1959, 1960 et 1961, en culture sèche ou irriguée, et avec des semences fournies soit par la Station centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles soit par les Organismes de Recherche des pays intéressés (Yougoslavie, Grèce, Italie, Maroc, etc.).

Dans certains tableaux les notations sont faites en fonction des cotations de valeur établies selon une convention qui y est chaque fois précisée.

POSITION BOTANIQUE ET ORIGINE PROBABLE DE LA LUZERNE DE PROVENCE

Si les recherches de SINSKAYA et de ses collaborateurs ont mené à une conception satisfaisante dans la phylogenèse embrassant *Medicago sativa* au sens large, on demeure hésitant quant à la filiation probable de certains écotypes très différenciés.

Un doute subsiste sur la position à attribuer à la Luzerne de *Provence* vis-à-vis des autres écotypes français. Ce qui est certain, surtout en ce qui concerne l'écotype flamand, le contact avec *Medicago falcata* véhiculé dans le nord de la France par la voie nord-caucasienne ou sibérienne, a laissé une imprégnation assez accentuée qu'on retrouve entre autres au niveau de la couleur des fleurs (pigments flavoniques et bigarrures) et au niveau de la résistance aux froids. La Luzerne de *Provence*, elle, serait restée longtemps à l'abri de cette expansion et aurait gardé de ce fait une originalité génétique dont l'explication historique est difficilement vérifiable.

Quelles que soient les hypothèses, il semble que l'écotype *Provence* authentique soit à rapprocher de la série *praecocissimae* de SINSKAYA et non de la série *europaeae*. Il s'agirait donc d'une Luzerne typiquement méridionale et, à ce titre, il est particulièrement intéressant de faire le point de quelques caractéristiques morphologiques, physiologiques et agronomiques de cet écotype.

I. — Quelques caractéristiques morphologiques

Une étude approfondie sur la répartition des phénotypes tenant compte de quelques grands caractères tels que le port, la grosseur des tiges, la grandeur des feuilles et l'intensité du feuillage a mis en évidence une extrême hétérogénéité que nous n'avons pas retrouvée dans deux autres populations septentrionales suivies parallèlement : *du Puits* et *Flamande*. Le port en végétation est une caractéristique très difficile à noter du fait de sa très grande fluctuation au cours de la croissance de la plante et de sa très grande variabilité à l'intérieur d'une même population. En suivant le développement des plantes depuis la montaison on constate souvent que pour nombre de pieds qui affectent un port dressé les tiges tendent progressivement à s'incliner au fur et à mesure de l'approche de la floraison. Par suite lorsque s'avance le stade de la fécondation et de la maturation il est très souvent impossible de reconnaître le port typique acquis en début de floraison. Les notations relevées à cette dernière date ont montré les très grandes différences qui existent entre *Provence* et les écotypes plus nordiques.

Dans le tableau 1, on a indiqué en p. 1 000 la répartition des fréquences selon le port et en même temps à l'intérieur des classes ainsi définies, les fréquences concernant la grosseur des tiges. Les classes se répartissent selon la convention suivante :

Port	Grosseur des tiges
1. nettement dressé	1. très fines
2. ± dressé	2. fines
3. incurvé	3. moyennes
4. étalé à début-floraison	4. grosses
5. nettement étalé avant floraison	5. très grosses

On constate que *Provence* possède un taux élevé de tiges fines soit 219 p. 1 000 contre 125 p. 1 000 et 76 p. 1 000 respectivement pour *du Puits* et *Flamande ;* mais par contre, alors que ces deux écotypes accusent un port dressé dans 572 et 591 p. 1 000 des pieds, *Provence* se caractérise en plus par une fréquence très élevée de plantes étalées, environ trois fois plus élevée que celle de *du Puits* et *Flamande.*

On ne peut également nier que *Provence* présente un taux de pieds à tiges grosses et très grosses aussi élevé que chez *du Puits* et *Flamande,* 674 p. 1 000 chez *Provence* et 639 p. 1 000, 742 p. 1 000 dans les échantillons étudiés chez *du Puits* et *Flamande.*

L'hétérogénéité des populations *Provence* étudiée est donc remarquable.

On a cherché cependant à savoir, à partir d'un échantillon de plusieurs milliers de plantes prises à l'intérieur d'une population plantée à grand écartement (1 m × 0,50 m), si les deux caractères — port et grosseur des tiges — pouvaient être considérés comme indépendants. L'étude des tables de contingence a montré qu'il existait une liaison entre ces deux caractères sans qu'il soit d'ailleurs possible d'affirmer avec une probabilité suffisante que cette liaison soit génique.

Du Puits et *Flamande* qui présentent un très faible pourcentage de pieds à tiges fines sont à l'inverse de *Provence* des populations à port très dressé.

L'observation a montré que dans le choix des géniteurs basé sur l'aspect mor-

TABLEAU I

Fréquence du port en fonction de la grosseur des tiges...

I. *Provence*

Grosseur des tiges	Port 1	2	3	*4*	5	Total
1	24,6	30,4	12,6	*17,4*	18,1	103,1
2	24,4	26,5	13,4	*22,2*	29,6	116,1
3	11,2	10,5	12,3	*34,1*	38,4	106,5
4	*67,3*	*56,9*	*73,3*	*76,0*	*71,6*	*345,1*
5	74,6	73,2	75,7	*75,3*	30,4	329,2
Total	202,1	197,5	187,3	*225,0*	188,1	1 000,0

II. *du Puits*

Grosseur des tiges	Port *1*	2	3	4	5	Total
1	*12,5*	11,1	4,2	4,2	1,4	33,4
2	*33,4*	19,5	23,6	12,5	2,8	91,8
3	*80,7*	48,7	80,7	22,3	4,2	236,6
4	*96,0*	*91,8*	*84,0*	*38,9*	*12,5*	*324,1*
5	*94,6*	83,5	84,9	37,6	13,9	314,5
Total	*317,2*	254,6	278,3	115,5	34,8	1 000,0

III. *Flamande*

Grosseur des tiges	Port 1	*2*	3	4	5	Total
1	0	*2,7*	0	2,7	2,7	8,1
2	2,7	*27,0*	32,4	2,7	2,7	67,5
3	43,2	*56,7*	56,7	21,6	2,7	180,9
4	102,6	*94,5*	94,5	32,4	2,7	326,7
5	*132,3*	*129,6*	*97,2*	*43,2*	*13,5*	*415,8*
Total	280,8	*310,5*	280,8	102,6	24,3	1 000,0

phologique des pieds, en ne tenant compte que des pieds à port dressé (1-2) et à tiges fines, le sélectionneur ne trouve chez *Provence* que très peu de pieds intéressants à retenir. Pour le seul caractère « feuilles nombreuses » dans les quatre classes précitées et reconnues intéressantes, on ne rencontre respectivement que 4 p. 100, 4 p. 100, 2 p. 100 et 1 p. 100 à l'intérieur de ces classes soit 3 p. 100 pour l'ensemble des quatre classes ce qui correspond à 3 p. 1 000 pour l'ensemble de la population. A titre d'indication nous donnons ci-dessous les fréquences observées sur un échantillon ne concernant que le port 1-2 (dressé) sur des pieds à tiges fines ou très fines.

TABLEAU 2

Nombre de pieds à port dressé et à tiges fines répartis selon l'intensité du feuillage

	Feuilles nombreuses		Feuilles en nombre moyen	Feuilles en nombre faible	Total
	Grandes	± fines			
Port 1- tige 1	6	15	33	100	154
Port 2- tige 1	8	18	51	113	190
Port 1- tige 2	3	18	27	105	153
Port 2- tige 2	2	29	43	92	166
Total	19	80	154	410	663
En ‰ de la population	3	13	25	66	106

Provence semble beaucoup moins intéressante pour le sélectionneur si celui-ci ne fait appel qu'au caractère d'intensité du feuillage sur les pieds dressés et à tiges fines. A titre de comparaison (voir tableau ci-dessous) *du Puits* présente les taux les plus élevés dans les classes intéressantes :

TABLEAU 3

	Abondant	Moyen	Faible
Provence	149	232	618
du Puits	369	383	248
Flamande	248	645	107

Pourcentage des tiges et des feuilles :

Les études précises publiées par Mayer et autres ont mis en évidence la supériorité de l'écotype *Provence* et celle des écotypes de l'ouest de la France sur les

Luzernes nordiques. Le calcul des p. 100 effectué sur échantillons séchés avaient montré les p. 100 moyens suivants de feuilles par rapport à la récolte (1947).

	1re coupe	2e coupe	3e coupe
	—	—	—
Types flamands	33,7	38,1	41,9
Types de l'Ouest	39,0	43,7	50,6
Types de Provence	40,1	45,3	49,0

La proportion du feuillage est en effet un caractère de sélection particulièrement important car un pourcentage élevé de masse foliaire signifie une haute teneur en protéine et une grande digestibilité. Selon SINSKAYA les types très nombreux étudiés par cet auteur ont montré une extrême variabilité, autant chez *Medicago sativa* que chez *Medicago falcata*. BORDAKOFF, puis LUBENEZ font état de la supériorité de *Provence* au moins égale aux Luzernes du Turkestan ou du Yémen. Ces auteurs, ainsi que KNIGHT, établirent la constance du caractère étudié sur trois années de suite et sur 12 coupes consécutives.

L'intensité du feuillage, c'est-à-dire le nombre de feuilles et la grosseur des feuilles, est certainement un des principaux facteurs du rendement. Chez *Provence* nous avons trouvé une corrélation étroite et hautement significative qui lie le poids des pieds à ce caractère.

Pour l'ensemble de la population r a été estimé à :

$$0{,}482 \text{ avec } P > 10^{-9} \text{ en } 1960,$$
$$0{,}540 \text{ avec } P > 10^{-9} \text{ en } 1961.$$

Lorsqu'on série la population d'après le diamètre des tiges, ceci afin de voir si on peut axer la sélection sur le type « tige fine » on constate que la corrélation s'améliore au fur et à mesure que le diamètre diminue. Mais il est évident que l'existence de cette corrélation meilleure n'entraînera une meilleure efficacité de la sélection que si on y associe d'autres caractéristiques essentielles au rendement (poids par plante ou par unité de surface).

II. — COMPORTEMENT A LA SÉCHERESSE

Il est difficile d'envisager la notion de résistance à la sécheresse lorsqu'on ne dispose que d'observations faites en plein champ. Néanmoins le grand nombre de notations relevées dans des conditions similaires sur le comportement estival de *Provence* ainsi que de différents écotypes permet d'orienter l'appréciation de valeur qu'on peut porter à ce sujet. L'appréciation stricte reste toujours sujette à caution car l'évolution du végétal dans les conditions d'aridité est en réalité la résultante d'une multitude de facteurs et de circonstances dont l'interférence est complexe. Un précédent hivernal rigoureux ou bien le parasitisme peuvent sensibiliser les plants à l'égard des fortes températures. Il en est de même de l'épuisement qui résulte d'une exploitation inconsidérée provoquant à la fois l'amoindrissement des réserves radiculaires et limitant la pénétration des racines en profondeur.

Certains caractères morphologiques favorables à la résistance à la sécheresse ont été invoqués, tels le petit nombre de stomates limitant les échanges gazeux et la transpiration, la présence de cuticule, voire même l'existence d'une pilosité. La

variété *Hairy Peruvian*, légèrement velue, semble en effet mieux résister à la sécheresse que *Provence* dans nos conditions méridionales. Par contre M. C. KEE cite la Luzerne velue d'Arabie comme particulièrement tolérante à l'égard de la chaleur, mais précise que l'humidité du sol doit être suffisante, sinon cette variété se révèle tout aussi sensible à la sécheresse que les autres variétés.

On sait que les caractéristiques du système racinaire peuvent être corrélatives de la résistance à la sécheresse. Or, précisément, parmi les différents écotypes, *Provence* présente un pourcentage de plantes à racines pivotantes très élevé et susceptibles d'exploiter une grande épaisseur de sol.

A ce sujet, il est bon de rappeler que la Commission Officielle de Contrôle des Semences de Plantes Fourragères en définissant les caractères les plus importants qui permettent l'identification d'une variété de Luzerne situe le p. 100 de racines pivotantes à moins de 40 p. 100 chez la Luzerne *Flamande*, entre 40 p. 100 et 60 p. 100 chez *du Puits*, et plus de 40 p. 100 chez *Provence*, pourcentage qui peut être très élevé et dépasser 70 p. 100. Cet écotype présente également à l'inverse des luzernes septentrionales très peu de racines fasciculées.

Aussi peut-on supposer que la chute des rendements observée en année « sèche » ou bien en année « normale », chute estimée en p. 100 du rendement annuel, lorsque s'avance la période estivale sèche, est moindre chez *Provence* que chez les variétés à enracinement plus faible ou moins profond.

L'importance de la perte de rendement — que l'on peut attribuer en partie en l'absence d'une humidité suffisante aux périodes de repousse — peut varier considérablement. On peut par exemple en avoir une estimation approchée en comparant les rendements d'essais réalisés simultanément dans des conditions différentes d'humidité.

Ainsi, en 1957 et 1959, dans les mêmes parcelles, les différences de rendement en matière sèche se sont chiffrées à :

2 p. 100 pour *Provence*
12,2 p. 100 pour la sélection issue de *Provence*
23 p. 100 pour *du Puits*
24,7 p. 100 pour *Omega*.

Les récoltes de l'année 1957 furent en effet défavorisées par une pluviométrie estivale très faible — 47 mm de pluie enregistrée de juillet à septembre inclus — (alors qu'il est tombé 178 mm, quatre fois plus, pendant la même période en 1958).

Nous avons pu également, dans un essai conduit selon la méthode des blocs (6 répétitions) à Montpellier de 1959 à 1961, sur terre lourde argilo-siliceuse, en culture sèche, chiffrer pour deux années consécutives la répartition des rendements en matière sèche au cours des récoltes successives. *Provence* a été comparée aux variétés septentrionales *du Puits* et *Socheville*. L'observation des tableaux 4 et 5 montre que pour la variété *Provence* :

— la production de fourrage est plus régulière dans le déroulement de l'année, constatation qui ne fait que corroborer les mêmes conclusions relevées dans de nombreux autres essais.

— la chute de rendement dans les coupes successives est bien moins forte que pour les deux autres variétés.

L'analyse statistique fut hautement significative.

TABLEAU 4

Chutes du rendement en pourcentage de matière sèche à Montpellier en culture sèche

1) Année 1960 — 4 Coupes (Pluviométrie utile élevée : 615 mm)

Comparaison des coupes	*du Puits*	*Socheville*	*Provence*
2e C/1er C.	54,3	60,9	42,4
3e C/1er C.	76,3	77,7	68,2
4e C/1er C.	77,7	77,7	67,2
4e C/2e C.	48,9	43,0	41,1

2) Année 1961 — 5 Coupes (Pluviométrie utile assez faible)

Comparaison des coupes	*du Puits*	*Socheville*	*Provence*
2e C/1er C.	34,9	36,2	25,2
3e C/1er C.	59,7	54,2	49,2
4e C/1er C.	86,5	84,5	82,5
5e C/1er C.	87,1	82,2	74,1
5e C/2e C.	81,2	71,9	65,4
5e C/3e C.	78,7	61,1	49,1

La pluviométrie utile, de mars à octobre, fut nettement plus élevée en 1960 qu'en 1961, 650 mm contre 315 mm, soit plus du double ; et en particulier la hauteur de pluie enregistrée avant la première coupe de 1960 fut de 326 mm — pour les trois mois de mars, d'avril et de mai — et seulement de 91 mm en 1961. Pour cette raison, le pourcentage de la première récolte en fourrage fut plus important en 1960 (tabl. 5). Inversement en 1961, année particulièrement sèche — (28 mm de pluie, concentrée sur quelques jours d'orage pour la période la plus chaude juillet-août) — le pourcentage de la récolte estivale par rapport à la récolte totale l'emporta sur celui de 1960 du fait de la faiblesse du rendement en première coupe (tabl. 5-2). C'est la raison pour laquelle la chute de rendement de la dernière coupe par rapport aux premières fut cette année-là très élevée.

A la suite de ces essais on pouvait affirmer que, des trois variétés, *Provence* avait manifesté la plus faible sensibilité aux conditions de sécheresse.

Il est par ailleurs intéressant de confronter ce caractère de résistance à la sécheresse à celui de la résistance aux hautes températures estivales. C'est ainsi que dans tous les essais agronomiques installés au Maroc, on a pu vérifier la supériorité du comportement de *Provence* aux autres variétés ou populations.

TABLEAU 5

Pourcentage du poids de chaque récolte (matière sèche) par rapport à la récolte totale

1) Année 1960 (Montpellier, — culture sèche) : 4 coupes

			du Puits		*Socheville*		*Provence*	
			% successifs	% cumulés	% successifs	% cumulés	% successifs	% cumulés
coupes estivales	1e coupe	1	52,7		54,5		45,1	
	2e coupe	2	23,0	35,5 (2 + 3)	21,3	33,4 (2 + 3)	26,0	40,3 (2 + 3)
	3e coupe	3	12,5	24,3 (3 + 4)	12,1	24,2 (3 + 4)	14,3	28,9 (3 + 4)
	4e coupe	4	11,8		12,1		14,6	
% de rendement obtenu dans les coupes estivales			47,3		45,5		54,9	

TABLEAU 5 (*suite*)

2) Année 1961 — (Montpellier — culture sèche : 5 coupes)

			Du Puits			*Socheville*			*Provence*		
			% cumulés	% successifs	% cumulés	% cumulés	% successifs	% cumulés	% cumulés	% successifs	% cumulés
Coupes estivales	1e coupe	1		43,0			41,3			37,2	
	2e coupe	2		28,0	45,7 (2 + 3)		26,1	45,0 (2 + 3)		27,8	46,7 (2 + 3)
	3e coupe	3	(2 + 3 + 4)51,5	17,7	23,5 (3 + 4)	(2 + 3 + 4)51,4	18,9	25,3 (3 + 4)	(2 + 3 + 4)53,2	18,9	25,4 (3 + 4)
	4e coupe	4	(3 + 4 + 5)29,0	5,8	11,3 (4 + 5)	(3 + 4 + 5)32,6	6,4	13,7 (4 + 5)	(3 + 4 + 5)35,0	6,5	16,1 (4 + 5)
	5e coupe	5		5,5			7,3			9,6	
% de rendement obtenu dans les coupes estivales				57,0			58,7			62,8	

A Fquih Ben Sallah dans les Beni Amir en juillet 1958, en période de *chergui*, avec une variation journalière de 32° centigrades (minimum 18°C à 5 heures du matin, maximum 50° à 14 heures à l'ombre) et avec des températures supérieures à 45°C durant six jours, sans irrigation, *Provence* n'a montré les premiers signes de flétrissement qu'à partir du 5e jour, les autres variétés commençant à flétrir à partir du 1er ou du 2e jour (tabl. 6). Au même endroit, en parcelles irriguées, *Provence* ne manifestait aucun signe de flétrissement tandis que les autres variétés flétrissaient ou versaient à partir du 3e ou du 4e jours (tabl. 6).

TABLEAU 6

Comportement estival au Maroc en 1958 (Beni Amir) de différentes origines de Luzerne

	Origine	En culture sèche 1er jour au 5e jour					En culture irriguée 1er jour au 5e jour				
Provence	France	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Demnat	Marrakech	0	1	1	1	2	0	0	0	1	1
Poitou	France	0	1	1	1	3	0	0	0	1	2
Agouraï	Fez	0	1	1	2	2	0	0	1	2	2
Lybie	F. A. O.	1	1	1	2	3	0	0	1	2	2
du Puits	France	1	1	1	2	3	0	0	1	1	2
Afrikan	U. S. A.	1	1	2	2	3-4	0	0	1	1	1
Tripoli	F. A. O.	1	1	2	2	4-5	0	0	2	2	3

Convention : 0 : aucun signe de flétrissement ;
1 : quelques feuilles flétries ;
2 : quelques feuilles flétries et affaissement des tiges ;
3 : toutes les feuilles flétries et verse ;
4 : feuilles en cours de dessèchement et verse ;
5 : dessiccation généralisée.

III. — Comportement au froid

Le comportement au froid a toujours été une des préoccupations majeures des sélectionneurs de Luzerne. Si ce souci est justifié dans les zones continentales froides ainsi que dans toutes les régions septentrionales où les abaissements de températures sont un fait coutumier, souvent de forte intensité et de longue durée, il l'est parfois autant dans le Midi méditerranéen. Cette affirmation n'a rien de paradoxal ; elle s'appuie sur un faisceau de constatations dont les répercussions biologiques sont graves de conséquences.

Alors que le Midi méditerranéen est réputé pour ses hivers modérés, parfois très cléments, il peut arriver parfois que la saison froide manifeste des abaissements notoires et inattendus de température, et ce à des intervalles rapprochés (hivers 55-56, 62-63). La Luzerne se trouve alors placée dans des conditions gélives anormales pour le Midi et analogues à celles du nord de la France ; aussi les variétés cultivées tradi-

tionnellement, comme la Luzerne de *Provence*, risquent de péricliter voire même d'être tuées.

On sait que *Provence* a en effet la réputation d'être sensible au froid ; de nombreuses expériences en ont fait état et l'hiver très froid 1955-1956 a montré quelle pouvait être l'importance des dégâts. L'exemple cité à la Station centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles est spectaculaire.

Variétés	Plantes tuées (%)
—	—
Hybride *M. falcata* × *M. media*	2
Luzernes *flamandes*	20
Luzernes du *Poitou*	30
Luzernes de *Provence*	50 à 100

En fait, cette sensibilité au gel pour toutes les Luzernes, et pour *Provence* en particulier, est sujette à controverses car d'autres causes que la température absolue sont en jeu.

Il peut s'agir par exemple de l'âge du végétal. Lorsque des repiquages ou des semis d'automne sont effectués d'une manière trop tardive, on constate très souvent une sensibilité aux abaissements de température pouvant entraîner l'échec complet des implantations culturales. De nombreux essais effectués à Montpellier ont confirmé les constatations faites dans les zones méridionales, à savoir qu'il est préférable de réaliser les semis d'automne à une date très précise, avant le 1er octobre.

TABLEAU 7

P. 100 de mortalité (déc. 1960) Domaine de Lavalette — Montpellier

Date de mise en place	Après repiquage			Après semis		
	1er octobre	11 octobre	21 octobre	1er octobre	11 octobre	21 octobre
du Puits	2-5	11	15	14	24	43
Provence	9	11	26	8	33	42
Hybrides Provence × du Puits	9	13	18	19	22	47

Les pourcentages de mortalité après levée des semis ou après repiquage de plantules ayant au moins le stade « feuilles trifoliées » augmente considérablement au fur et à mesure des abaissements progressifs de température (essai 1960 — 1er octobre, 11 octobre, 21 octobre ; — tabl. 7). La sensibilité est plus marquée sur les jeunes plantules issues de semis que sur celles repiquées ayant atteint un développement plus avancé.

En 1962, des retards d'implantation (après le 15 octobre) ont aggravé les dégâts au point d'amener la destruction complète d'une centaine de lignées, issues de *du Puits* et de *Provence*.

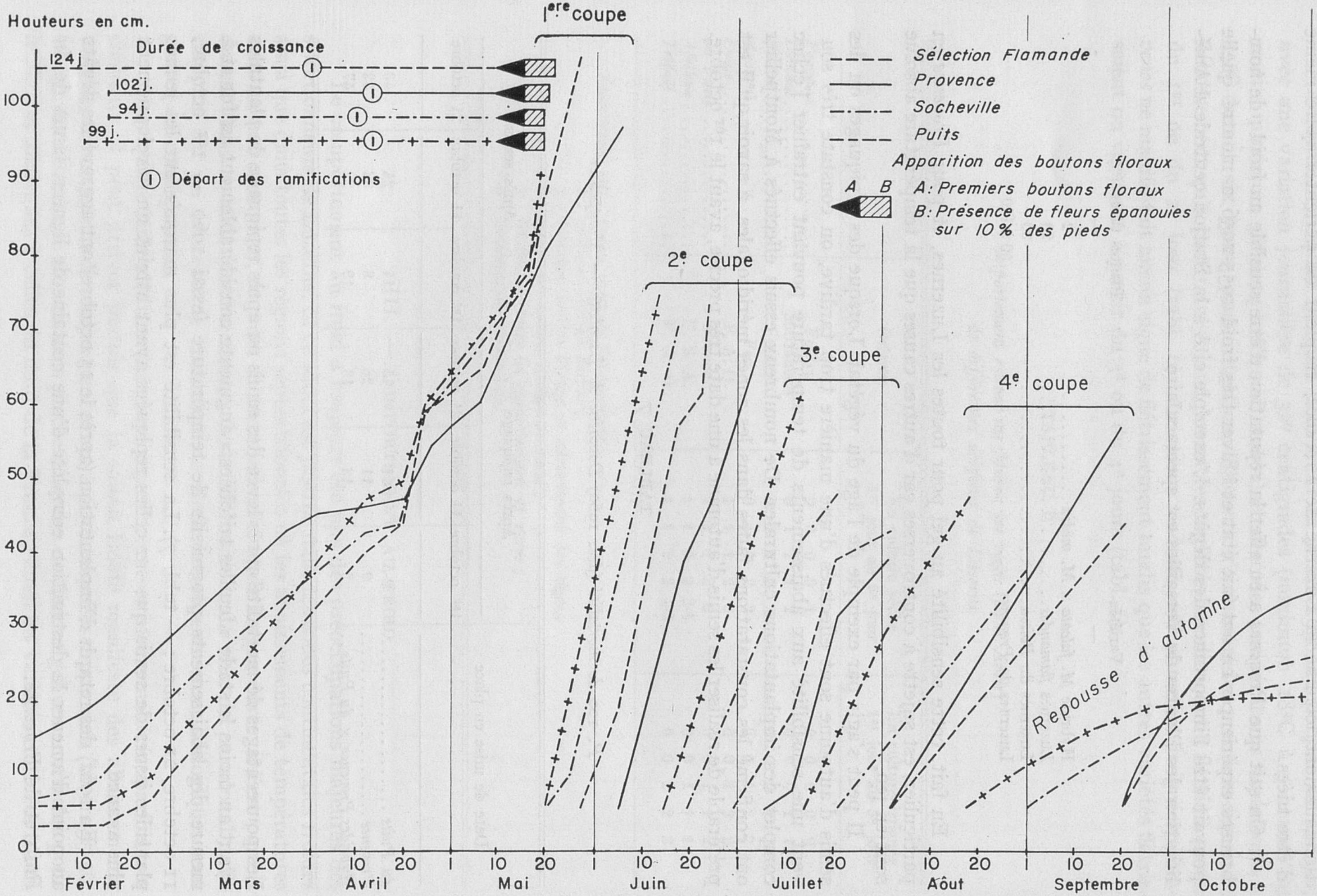


FIG. 1. — *Montpellier 1960 (culture non irriguée) : Vitesse de croissance des Écotypes*

TABLEAU 8

Comportement de la variété Provence *et de quelques écotypes et variétés avec et sans coupe automnale (automne 1960)*

	Sans coupe automnale			Avec coupe automnale			
	Mortalité hivernale (‰)	Stade de croissance 1er/12/60	Rendement t/ha matière sèche 1re coupe 1961	Mortalité hivernale (‰)	Stade de croissance 1er/12/60	Rendement t/ha matière sèche 1re coupe 1961	Perte de rendement (%)
Demnat	42	5	5,35	76	4	4,78	10,8
Agouraï	20	4	5,50	72	3	4,94	10,2
Lybie	70	5	5,31	138	3	2,74	48,3
Hairy Peruvian	29	4	5,05	107	1	4,78	5,3
Cossak	15	2	5,75	61	1	4,84	16,0
Grimm	15	0	4,84	31	0	4,20	13,2
Nemaston	17	2	5,37	42	0	5,29	1,5
du Puits	10	1	7,55	40	0	7,30	3,3
Provence	28	4	5,16	63	2	4,62	16,0
Hybrides du Puits × Provence 1	29	4	5,08	101	3	3,78	25,6
2	39	4	5,03	123	3	3,38	32,8
3	27	3	5,41	81	3	3,69	31,8
4	33	2	5,06	65	1	4,20	17,1
5	28	2	4,93	50	2	3,72	24,6
6	24	2	5,41	62	2	3,86	28,6

Stade de croissance au 1er décembre : 0 = rosette sans croissance, 5 = croissance nette des tiges, supérieure à 30 cm.

Pour les plantes âgées, les conditions d'exploitation peuvent être mises en cause ; une exploitation estivale inconsidérée provoquant un épuisement des réserves radiculaires conduit la Luzerne à un état de moindre résistance vis-à-vis du milieu extérieur. Pour les écotypes méridionaux comme *Provence*, ou les écotypes sud-méditerranéens peu sensibles à la dimunition de la longueur du jour et capables, si la température le permet, de continuer à pousser assez tardivement en automne, une coupe inopportune dite « de regain » peut avoir des résultats très graves sur le comportement hivernal. En effet, cette coupe — ou bien la pâture — s'effectue à un moment ou la plante n'a pas reconstitué un niveau suffisant de réserves radiculaires, et les repousses qui peuvent se manifester après cette exploitation utilisent les dernières réserves de la plante. Celle-ci se trouve de ce fait particulièrement épuisée au moment ou les basses températures commencent à se manifester. Nous avons pu vérifier cette hypothèse dans un essai précis, conduit à Montpellier en 1960, sur parcelles d'un an ayant subi au préalable un rythme d'exploitation normale, c'est-à-dire toutes les coupes antérieures ayant été exécutées à début-floraison, la dernière le 14 septembre soit environ deux mois avant l'apparition des basses températures.

Seize écotypes ou variétés ont été soumis en plusieurs répétitions à une coupe automnale assez tardive (15 octobre) avec un nombre égal de parcelles témoins sans coupe. L'essai a montré que dans les conditions locales : (tabl. 8) :

— La sensibilité aux abaissements de températures est caractéristique des écotypes méditerranéens, et ce, d'autant plus que la croissance préhivernale est avancée. Le taux de mortalité due à l'action de l'hiver est au moins égal à 20 p. 100, pouvant atteindre 28 p. 1 000 chez *Provence* et 70 p. 1 000 chez les écotypes plus sensibles *(Lybie)*.

Par contre, si la variété *du Puits* n'accuse qu'une mortalité de 10 p. 1 000, se montrant à cet égard plus résistante que *Grimm* et *Cossak* (15 p. 1 000), les hybrides *du Puits* × *Provence* n'ont pas révélé une résistance meilleure que *Provence*.

— La coupe tardive d'automne a provoqué une mortalité plus considérable, que celle notée dans les parcelles témoins, elle est certainement la cause d'une perte appréciable de rendement enregistré lors de la première coupe du printemps suivant, soit 16 p. 1 000 de moins pour *Provence*, 48 p. 1 000 pour *Lybie* et 3,3 p. 1 000 seulement pour *du Puits*. La mortalité correspondante atteint 63 p. 1 000, 138 p. 1 000 et 40 p. 1 000 respectivement pour ces trois variétés.

Pour l'ensemble des écotypes étudiés dans cet essai, nous avons pu mettre en évidence des corrélations significatives liant la sensibilité au froid (nombre de pieds tués durant l'hiver) aux modalités d'exploitation et au stade de croissance atteint par la plante au moment de l'action du froid.

Corrélations entre	Sans coupe d'automne	Avec coupe d'automne
1) Croissance hivernale et		
a) rendement printanier	— 0,242 N. S.	— 0,526 S.
b) perte de rendement printanier	—	+ 0,571 S.
c) mortalité	+ 0,706 S.	+ 0,572 S.
2) Accroissement de mortalité et perte de rendement printanier	—	+ 0,431 S.

Ainsi que le signalait déjà Y. DEMARLY en 1957 dans une mise au point sur la « Biologie et l'Exploitation de la Luzerne », une coupe automnale exécutée à un stade

trop jeune, au moment où les pousses n'ont pas dépassé 15 à 30 cm de longueur, est une pratique à déconseiller. L'exploitation du regain doit donc se faire très tôt pour que les repousses atteignent à nouveau en début d'hiver le stade « bourgeonnement » c'est-à-dire un stade suffisamment avancé pour que les réserves soient alors reconstituées, ou bien très tard au moment ou le froid annihile tout départ de végétation.

L'essai réalisé à Montpellier nous permet d'affirmer que cette constatation est valable pour les zones du Midi de la France où les écotypes méditerranéens, *Provence* en particulier, sont placés dans des conditions parfois très dangereuses pour la pérennité des luzernières.

Résistance aux maladies

La résistance aux maladies pose pour le sélectionneur de Luzerne un problème important et délicat. Dans les conditions méridionales, en particulier, il semble que l'intensité du parasitisme soit accentuée par des températures plus favorables à l'extension des cryptogames ou par certaines conditions d'humidité, par l'irrigation par exemple. Y. Demarly en 1957 puis M. Courtillot en 1961 ont rappelé l'inventaire des parasites néfastes pour la luzerne dans les zones de l'Europe occidentale. Contre les parasites des racines, tels que *Verticillium, Sclerotinia* qu'on rencontre assez peu fréquemment chez *Provence,* la propreté des champs et la rotation des cultures sont parmi les moyens de lutte les plus efficaces.

Par contre en ce qui concerne les parasites du feuillage tels qu'*Uromyces striatus, Pseudopeziza medicaginis* et *Peronospora trifoliorum aestivalis* il semble que c'est de la sélection de variétés assez résistantes qu'il faille attendre des solutions.

Importance des dégâts

Il est très difficile de déterminer la gravité des dégâts attribués à chacun des parasites précités car il est rare de ne noter la présence que d'un seul champignon et lui attribuer la totalité des dégâts éventuels. Il est évident par ailleurs que tout développement d'un tel parasite sous-entend des répercussions à échéance plus ou moins courte sur le comportement du végétal. S'il est apparamment facile de limiter l'effet de *Pseuddopeziza,* par exemple, en récoltant le fourrage dès que les symptômes d'une attaque sérieuse apparaissent, on comprend fort bien qu'une telle luzernière coupée à contretemps évolue dans des conditions bliologiques difficiles et risque fort de se trouver dans un état de moindre résistance à l'égard d'un milieu défavorable, chaleur, sécheresse, froid ou autre. Il devient alors très difficile de mettre en évidence les causalités.

Ceci est confirmé par la relation qui lie l'intensité d'action du parasitisme (en l'occurence *Pseudopeziza* et Rouille) au déroulement anormal du cycle végétatif devant normalement conduire à la fructification et à la maturation des semences. De nombreux contrôles effectués dans les champs de multiplication destinés à la production de semences ont montré que la sécheresse estivale se faisait d'autant plus sentir que les attaques antérieures de Rouille et de *Pseudopeziza* étaient plus marquées. Dans de telles conditions on peut s'attendre à un taux élevé de coulure des fleurs et à un échaudage des gousses exagéré, voire même à l'absence de récolte.

C'est ainsi que dans un essai conduit à Nîmes ayant pour but de comparer la production de semences de différentes variétés en 1961 et 1962 des conditions anormales de sécheresse alliées à une forte attaque de *Pseudopeziza* apparue en juin au moment de la floraison ont eu une répercussion catastrophique sur le rendement des variétés tant nordiques que méridionales. *Provence* bien qu'ayant fleuri plus tardivement que les autres variétés avec 8 à 10 jours d'écart a manifesté une sensibilité très forte, identique à celle des variétés nordiques à floraison plus précoce. La tardivité ou la précocité n'a pas permis, dans les conditions climatiques sévères, à une quelconque des variétés d'échapper aux dégâts du parasite.

Des trois parasites mentionnés *Pseudopeziza* est le plus à craindre, car sa présence à une intensité variable a été relevée dans toutes nos parcelles, quels que soient le lieu, la variété ou le rythme d'exploitation. La gravité des attaques est surtout visible au moment des floraisons de juin à juillet c'est-à-dire au moment de la deuxième et de la troisième coupe de fourrage.

Dans nos essais comparatifs de variétés, *Provence* s'est généralement montrée assez sensible (tabl. 9) tant à l'égard de ce parasite qu'à l'égard de la Rouille. Les notations relevées en 1960 données ici à titre indicatif montrent la supériorité apparente des origines nordiques.

TABLEAU 9

	Pseudopeziza		*Uromyces striatus*	
	Culture sèche	Culture irriguée	Culture sèche	Culture irriguée
Flamande	1-2	2-3	2	3
Sélection *Flamande* n° 1	1-2	2	2	3
Sélection *Flamande* n° 2	1-2	2	2-3	3-4
Sélection *Flamande* n° 3	1-2	2	2-3	2-3
Sélection *Flamande* n° 4	0-1	0-1	1-2	1-2
Hybride *Flamande*	traces	traces	traces	traces
Emeraude	traces	traces	2-3	2-3
Boréale	traces	traces	1-2	3
du Puits	traces	traces	traces	traces
Provence	1-2	3-4	2	3-4

Provence, ainsi que tous les écotypes méditerranéens, montre une sensibilité assez marquée ; mais parmi tous les écotypes méditerranéens, *Provence* semble la moins sensible avec une cotation conventionnelle 3/5 (la variété *du Puits* étant prise comme témoin avec une cotation 2/5).

Un sondage fait dans la population d'origine a montré une sensibilité très variable à l'égard du parasitisme, sensibilité qui évolue avec l'âge du végétal (tabl. 10).

Au moment de la floraison les pieds précoces semblent dans la majorité des cas extérioriser une sensibilité moindre que celle relevée sur les pieds à floraison plus tardive. Toutefois, la fréquence des pieds sains diminue considérablement entre le stade de la floraison et le stade de la fructification (tabl. 10). Ainsi sur 232 pieds notés précoces pour la première floraison, 103 se sont montrés peu atteints par *Pseudopeziza*, soit 44 p. 100, et 52 pieds, soit 22 p. 100, ont échappé à la Rouille.

Cette proportion est tombée à 12 p. 100 lorsque les pieds ont continué à végéter. On peut alors éventuellement envisager la précocité comme facteur indirect de résistance.

Moins de 1 p. 1 000 des pieds suivis en pépinière ont été retenus comme géniteurs éventuels pour le caractère de résistance apparente à *Pseudopeziza*. A partir de ces plantes quelques rares disjonctions en troisième génération après autofécondations artificielles se sont révélées plus ou moins immunes de *Pseudopeziza*.

TABLEAU 10

Intensité du parasitisme noté de 0 à 5

(0 = absence — ; 5 = maximum)

			0-1	1	2	3	4	5	Total	x
I. Pieds précoces										
Uromyces striatus	coupés à floraison	*n*	30	22	106	62	10	2	232	2,1
		%	13	9	46	27	4	1		
	laissés en végétation	*n*	1	2	12	5	4	1	25	2,5
		%	4	8	48	20	16	4		
Pseudopeziza medicaginis	coupés à floraison	*n*	21	82	91	30	7	1	232	1,7
		%	9	35	13	13	3	1		
	laissés en végétation	*n*	0	3	8	11	2	1	25	2,6
		%	0	12	32	44	8	4		
II. Pieds tardifs										
Uromyces striatus		*n*	4	2	83	38	40	1	168	2,7
		%	2	1	49	23	24	1		
Pseudopeziza medicaginis		*n*	2	2	64	52	39	59	168	2,9
		%	1	1	38	31	23	5		

IV. — Vitesse de croissance et précocité

Les observations relevées depuis 1960 dans différents essais de comportement nous ont permis de dresser une échelle de précocité mettant en évidence des différences assez sensibles entre les variétés et écotypes étudiés. Il est notable que *Provence* à l'exemple des Luzernes méditerranéennes, moins sensibles que les Luzernes nordiques à l'influence de la longueur du jour, émet des bourgeons actifs durant l'hiver et manifeste dès le mois de février un départ en végétation. A l'appui de cette constatation on aurait pu espérer trouver une relation favorable liant la précocité du départ en végétation à celle de la floraison. Cette précocité pourrait alors interférer sur le nombre des coupes et probablement sur le rendement. Il n'en est rien. En réalité à partir de la mi-mars, la courbe de croissance des écotypes nordiques accuse une pente très forte tandis que celle de *Provence* est faible, ne variant guère. Quelque cinq semaines après leur départ en végétation la hauteur des premiers l'emporte sur celle de *Provence*. Cette différence des vitesses d'évolution se retrouve également au cours de la période qui sépare l'apparition des bourgeons de celle des inflorescences. Elle est relativement courte, huit à quinze jours chez les Luzernes nordiques, assez longue, parfois près d'un mois, chez *Provence*.

Il est possible d'expliquer ce retard à la floraison par des besoins supérieurs en quantité de chaleur, toutes conditions relatives à la longueur de jour restant égales. A Versailles, on a pu chiffrer d'une manière assez étroite les exigences thermiques de quelques types (tabl. 11). Or les données relevées à Montpellier montrent que ces écarts peuvent être beaucoup plus considérables. Si on examine ces données concernant les années 1959-1960 et 1961 (tabl. 12) on constate qu'il existe de grandes différences, autant dans les vitesses de croissance, depuis le début du mois de février que dans les vitesses des repousses estivales. *Provence* à première vue semblerait beaucoup plus exigeante en quantités de température surtout en été. Par contre les luzernes nordiques manifestent un rythme rapide et de ce fait un besoin moindre en chaleur.

TABLEAU 11

Exigences thermiques pour quelques types de Luzerne
(Versailles 1947 à 1949)

	Luzerne précoce (°C)	Luzerne demi-précoce (°C)
1re coupe	967	1 037
2e coupe	625	761
3e coupe	626	779
Total	2 218	2 577

Pour *Provence* et pour la plupart des Luzernes méridionales il est cependant difficile de savoir si l'action de la chaleur est prépondérante vis-à-vis de celle de la longueur du jour. Il ne le semble pas, car au moment des dernières périodes de repousse, en jours de plus en plus courts, en septembre et en octobre, *Provence* peut encore refleurir se contentant de 50 à 60 jours de végétation, périodes accumulant 1 000°C de température environ. Au cours de cette même saison, les luzernes nordiques voient leur croissance progressivement paralysée bien qu'elles aient reçu des quantités bien plus grandes de température, soit 1 300°C à 1 400°C après 60 à 80 jours de repousse.

L'étude comparée des précocités suivies à Montpellier de 1960 à 1963 situe parfaitement la place de *Provence* dans l'éventail des Luzernes. Si on classe les Luzernes selon leur affinité de réaction à l'égard de la longueur du jour et des températures on peut faire les distinctions suivantes (tabl. 13) :

Un premier groupe comprend des Luzernes dont la croissance est très précoce en fin d'hiver. Elles semblent apparemment indifférentes à la longueur du jour. Compte tenu de leur précocité, elles se classent dans l'ordre suivant : *Feriana* (Tunisie — *Afrique* (Maroc) — *African* (U. S. A.) — *Meknès* (Maroc) — *Lybie* — *Demnat* (Maroc) — *Iran* — *Indes* — *Hary Peruvian* (Pérou).

Ces luzernes gardent un rythme de croissance rapide en été et en automne demandant peu de chaleur, 50°C à 100°C en moins que *du Puits* entre 2 coupes estivales. Elles sont plus précoces que *du Puits* et par conséquent que *Provence* et

TABLEAU 12

Durée de végétation et quantités de chaleur enregistrées à Montpellier sur quelques variétés de luzerne—1959 à 1961—(culture non irriguée)

	Puits		*Socheville*				*Sélection Famande*				*Provence*			
	N. jours	S. temp.	N. jours	A	S. temp.	B	N. jours	A	S. temp.	B	N. jours	A	S. temp.	B
1er février à 1re floraison	102	1 241	103	+ 1	1 260	+ 19	106	+ 4	1 318	77	108	+ 6	1 353	112
1er coupe à 2e floraison	29	549	30	+ 1	568	+ 19	31	+ 2	597	48	36	+ 7	705	156
2e coupe à 3e floraison	21	473	22	+ 1	494	+ 21	27	+ 6	503	30	28	+ 7	655	182
3e coupe à 4e floraison	29	636	29	0	647	+ 11	30	+ 1	653	17	35	+ 6	729	93
Total	181	2 898	184	+ 3	2 969	+ 70	194	+ 13	3 071	172	207	+ 26	3 442	543
Moyenne des coupes estivales	26	553	27	+ 1	570	+ 17	29	+ 3	584	31	33	7	696	+ 143
Regain	> 66	> 1 300	> 66		> 1 300		> 80		> 1 400		50-55		1 050	

A et B : Différence par rapport à *Puits*.

sont capables de donner un regain important en fin d'automne. Ce sont des variétés qu'on peut qualifier de très précoces, à rythme d'exploitation rapide.

En tenant compte de leur croissance printanière également précoce et pouvant donc croître dans les mêmes conditions de jours courts, mais avec une vitesse moins rapide, les luzernes suivantes peuvent être considérées comme demi-précoces : *Agouraï* (Maroc) — *Bolognese* (Italie) — *Polesana* (Italie) et *ZmS II* (Yougoslavie). En été, elles acquièrent le même rythme que *du Puits*. *Provence* est assez proche de ce groupe mais plus tardive et à rythme estival variable. Il en est de même de l'écotype *Tripoli* qui est également à croissance précoce mais reste néanmoins tardif et à rythme d'exploitation assez lent, demandant 50°C à 100°C de plus que *du Puits* entre deux coupes d'été.

TABLEAU 13

Place de Provence *dans la gamme de précocité de diverses variétés et écotypes suivis à Montpellier*

		Fin de végétation
1. Variétés précoces		
a) *Feriana* (Tunisie) — *Afrique* (Maroc) — *African* (U. S. A.) — *Meknès* (Maroc) — *Lybie* — *Demnat* (Maroc) — *Iran* — *Indes* — *Hary Peruvian* (Pérou)	Cycles beaucoup plus rapides que *Provence* et *Puits* (de 5 à 10 jours à chaque floraison) pouvant fournir 4 à 6 coupes	Avec regain automnal important
b) *Cremonese* (Italie) — *99-100* (Italie)		Avec regain automnal variable
c) *Pan 68* (Yougoslavie)		Sans regain automnal
2. Variétés 1/2 précoces		
a) *Agouraï* (Maroc) — *Bolognese* (Italie) — *Polesana* (Italie) — *ZMS II* (Yougoslavie)	Cycles plus rapides que Provence, comparables à *Puits*, pouvant fournir 4 à 5 coupes	Avec regain automnal variable
b) *Puits* — *Socheville* — *Sélections Flamandes* — *Nemaston* (U. S. A.) — *Kansas* (U. S. A.) — *Cossak* (U. S. A.) — *Espagne* — *S 202* (Italie)— *Pan 91* (Yougoslavie) — *Grimm* (U.S.A.)		Sans regain automnal
3. Variétés demi tardives		
Provence — *Pan 74* — *Pan 76* — *Pan P* — *Pan 129* (var. yougoslaves)	Cycles de *Provence*, plus lents que *Puits*, fournissant 3 à 4 coupes	Avec regain automnal ± important
4. Variétés tardives		
Tripoli *Poitou* — *Lamia* (Grèce) — *Ptolemxis* (Grèce)	Cycles très lents fournissant difficilement plus de 3 coupes	Avec regain automnal variable souvent inexistant

Dans un deuxième groupe, il s'agit de Luzernes qui manifestant un repos hivernal plus ou moins long ne commencent à pousser que tardivement au printemps. Mais lorsque les températures journalières moyennes sont assez élevées, l'apparition des floraisons successives prend alors une cadence rapide. C'est le cas des variétés italiennes précoces ou très précoces : *Cremonese* et *99-100*. Elles ont le même rythme

de repousse estivale que les Luzernes précoces du premier groupe. Pour d'autres variétés, la vitesse de repousse est comparable soit à celle de *du Puits ;* elles sont demi-précoces, telles : *Nemaston* (U. S. A.) — *Kansas* (U. S. A.) — *Cossak* (U. S. A.) — *Espagne* — *S 202* (Italie) et *Pan 91* (Yougoslavie) ; soit à celui de *Poitou ;* elles sont demi-tardives ou tardives. C'est le cas de *Poitou.* Elles ne fleurissent jamais avant *Provence.* On peut citer également les variétés yougoslaves : *Pan 74* — *Pan 76* — — *Pan P* — et *Pan 129.*

Dans un troisième groupe à végétation très tardive au printemps, on peut rencontrer des variétés à floraison précoce comme *Pan 68* (Yougoslavie) ou demi-précoces comme *Grimm.* Très sensibles à la longueur du jour, elles ne repoussent plus après le mois de septembre. A ce troisième groupe on peut rattacher des variétés à rythme très lent, qui manifestent leur tardiveté par un retard de végétation acquis dès la première floraison. C'est le cas des variétés grecques *Lamia* et *Ptolemxis.*

En définitive, qu'il soit rapide ou lent, précoce ou tardif, le départ en végétation au début du printemps n'entraîne pas par voie de conséquence la précocité ou la tardiveté des floraisons. Il en est ainsi pour *Provence* dont la croissance se manifeste tôt mais qui demeure néanmoins dans la catéie des Luzernes demi-tardives.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats encourageants obtenus dans les contrées méridionales par les variétés sélectionnées dans des populations nordiques, dans *Flamande* en particulier, a remis en question l'intérêt de la Luzerne *Provence.* Elle présente en effet quelques caractéristiques peu favorables qui situent et limitent son potentiel.

Nous avons essayé de mettre en évidence son originalité en étudiant la répartition des phénotypes et les modalités de leur croissance ou de leur résistance dans les conditions du Midi de la France. Les individus y sont morphologiquement très diversifiés. Mais dans son ensemble, *Provence* doit être considérée comme une Luzerne à port demi-étalé, à l'inverse de *du Puits* ou de *Flamande* qui sont des Luzernes typiquement dressées et par conséquent d'exploitation plus facile tant pour la fauche que pour la récolte mécanique des semences.

Il existe en effet chez *Provence* un pourcentage appréciable d'individus à tige fine parfois dressée mais la majorité des phénotypes est à tige assez grossière et sensible à la verse. Si par élimination, on veut allier également au port rigide et à la finesse des tiges l'abondance du feuillage le choix se limitera à très peu de plantes intéressantes. A cet égard les Luzernes nordiques sont aussi prometteuses. Toutefois des corrélations hautement significatives incitent le sélectionneur à persister dans ce choix des génotypes.

D'autres considérations viennent à l'encontre de l'utilisation de *Provence* et en tout premier lieu sa sensibilité au froid.

Elle est également peu résistante aux maladies principalement à *Pseudopeziza medicaginis*, à *Peronospora trifoliorum aestivalis* et à la Rouille, les plus fréquentes dans le milieu méridional.

L'action des parasites, jointe aux conditions anormales de sécheresse ou de température élevée entraîne non seulement une perte notable de fourrage mais

également et parfois l'absence de fécondation lors de la multiplication des semences, Aussi est-il nécessaire pour le sélectionneur d'envisager des hybridations artificielles entre *Provence* et des génomes de résistance d'origines différentes.

C'est également sur le caractère des vitesses de croissance, avec toutes les conséquences physiologiques et agronomiques qui en résultent, que la sélection sera le plus rapidement efficace. A première vue *Provence* se situe dans le groupe des Luzernes demi-tardives et est beaucoup moins sensible à la photopériode que les Luzernes septentrionales. Elle extériorise une croissance printanière très précoce et une aptitude marquée à la repousse automnale ce qui permet de l'exploiter assez tard en automne.

Dans l'étude de la répartition des rendements fournis par les coupes successives au cours de chaque année, *Provence* présente en outre une originalité, que jusqu'à présent nous n'avons pas retrouvé chez les autres Luzernes, à savoir de moindres variations de rendement relativement à celui des autres variétés dans la succession des coupes d'une année. On peut l'expliquer peut-être par la très grande diversité des précocités et des modes de croissance qu'exprime l'ensemble des individus considérés isolément dans la population.

Bien qu'il n'existe qu'un pourcentage très faible de plantes réellement précoces, nous avons néanmoins montré que c'est parmi ces phénotypes qu'on a intérêt à choisir des géniteurs. L'étude de quelques corrélations a en effet mis en évidence que la précocité à la floraison allait de pair avec l'équilibre des rendements successifs et avec le rendement total et que parmi les individus retenus le choix devait s'orienter de préférence en faveur de ceux qui sont peu sensibles à la longueur du jour.

Enfin la situation de *Provence* dans un classement des valeurs variétales serait imparfaite s'il n'était pas fait allusion à sa capacité de résistance à la sécheresse et aux hautes températures. Les renseignements obtenus au Maroc sont à cet égard suffisamment instructifs.

En définitive on peut affirmer que malgré ses défauts qui l'ont faite condamner, peut-être trop rapidement, *Provence* reste un matériel génétique prometteur dont le potentiel n'est encore pas connu. Il serait particulièrement souhaitable que les sélectionneurs s'aident de ce matériel pour améliorer les variétés déjà existantes.

Reçu pour publication en février 1964.

SUMMARY

THE POTENTIAL OF THE LUCERNE «PROVENCE»

The new varieties of Lucerne selected from Flemish populations are currently being cultivated successfully in the south of France. It is to be regretted that the old and traditionally cultivated *Provence* variety should be gradually abandoned, since it is really a very heterogeneous yet extremely versatile variety-population.

The author discusses some of its morphological characteristics and shows that, despite its shortcomings, this variety cannot be discounted in selection. It would in fact appear to be the best mediterranean ecotype for direct cultivation in the severe conditions of aridness and high temperature. Its intensive utilisation in the framework of the reinvigorated agriculture of the South will only be contemplated after selection research, which is already in progress..

The principal shortcommings of this variety are recognised to be its poor resistance to lodging,

its tardiness in relation to *du Puits* or to the Flemish selections. its poor resistance to cold and to parasitic fungi, the most commonly encountered being *Pseudopeziza medicaginis, Uromyces striatus,* and *Peronospora trifoliorum aestivalis.*

On the other hand, it has the advantages of fine stalk, high resistance to drought and the possibility of tardy growth in autumn.

It was shown that improving its forwardness at the same time improved its productive capacity and its resistance to diseases.

As regards other properties, and in particular the resistance to cold, it is essential to consider the possibility of crossings with resistant ecotypes.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE MÖGLICHKEITEN DER LUZERNE « PROVENCE »

Die aus der flämischen Population gezüchteten neuen Luzernensorten werden jetzt in Süd-Frankreich mit Erfolg angebaut. Es ist zu bedauern dass die früher Traditionsmässig angebaute Sorte *Provence* immer weniger Kultiviert wird. Tatsächlich handelt es sich um eine sehr heterogene, aber auch sehr plastische Population.

Die Arbeit weist auf einige morphologische Eigenschaften hin und zeigt, dass diese Sorte, trotz ihrer, Fehler einige Beschaffenheiten aufweist, die den Züchtern nicht unbekannt bleiben können. In der Tat scheint es, dass es sich bei dieser Sorte um den besten mittelländischen, unter schweren Trockenheit- und Wärmebedingungen direkt anbaubaren Ecotypus, handelt. Seine intensive Verwendung in einer erneuerten mittelländischen Landwirtschaft wird erst nach Durchführung von Selektionsarbeiten, deren Orientierung schon entworfen ist, ins Auge gefasst.

Die bekannten, dieser Sorte anhaftenden fehlerhaften Eigenschaften, sind ihre Empndlichkeit zum Lagern, ihre Spätreife im Vergleich mit *du Puits* oder flämischen Züchtungen, ihr schwacher Widerstand gegen Kälte und gegen Pilzschädlinge, hauptsachlich *Pseudopeziza medicaginis, uromyces striatus* und *Peronospora aestivalis.*

Dagegen, ist diese Sorte vorteilhaft wegen der Feinheit ihrer Stiele, wegen ihres sehr hohen Widerstandes in Dürreperioden und wegen ihrer Fäghigkeit, spät im Herbst zu wachsen.

Durch Verbesserung ihrer Frühreife, konnten gleichzeitig ihre Produktivität und ihre Widerstandskraft gegen die Krankheiten verbessert verden.

Für andere Eigenschaften, insbesondere hinsichtlich des Widerstandes gegen Kälte, ist es durchaus nötig, Kreuzungen mit widerstandsfähigem Zuchtmaterial vorzunehmen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALABOUVETTE L., MENNERET G., 1935. Importance du choix des provenances de Luzerne. Orientation à donner à la production des semences de Luzerne en France. *Ann. agron.*, **5**, 407-445.

ALABOUVETTE L., 1948. Amélioration à envisager dans la production fourragère méridionale. *Bull. Techn. Inform.*, **35**, 677-682.

DEMARLY Y., 1957. Biologie et exploitation de la luzerne. *Ann. Amélior. Plantes*, **3**, 247-272.

DEMARLY Y., 1958. Production de fourrage dans les conditions de milieu difficiles. *Journ. Prod. anim. C. E. T. A.*, doc. E 91.

DEMARLY Y., 1960. In COWLING D. V., KELLY A. F., DEMARLY Y. *Essais de comportement des variétés de Graminées de Trèfle et de Luzerne.* **23**, série 1960, 153-230. Food and Agriculture., O. E. C. E.

DEMARLY Y., 1961. Les variétés de Luzerne. *Fourrages*, n° 5, 93-105.

DEMARLY Y., 1961. La physiologie de la croissance en vert chez la Luzerne. Son incidence sur le mode d'exploitation. *Bull. C. E. T. A.*, Étude n° 542.

ELLIS DAVIES W., 1954. The Yields of some French and other strains of Lucerne. *J. Brit. Grassland Soc.*, **9**, n° 4, 285-299.

ELLIS DAVIES W., 1960. Yields of French Varieties of Lucerne. *J. Inst. Corn. Agric. Merchants* **8**, 27-31.

FOURY A., 1954. Les légumineuses fourragères au Maroc, n° 3, 109-159. *Cah. Rech. agron.*, Rabat.

HANSEN J., 1937. Versuche mit Linien une Provenance-Formen von Luzerne 1925-34. *Tidskr. f. Landbr. Planteavl.*, **42**, 67-80 (cité par RUDORF).

JEKABSONS V., 1958. Lucerne strain trial. *J. Brit. Grassland Soc.*, **13**, 70-75.

KONEKAMP A., 1937-1938. Erträge und Ertragsaufbau einiger Luzerneherkünfte unter den ökologischen Bedingungen dreier Erdteile. *Pflanzenbau*, **14**, 161-199 (cité par RUDORF).

MAYER R., 1948. Les types de Luzerne cultivés en France. *Bull. Techn. Inform.*, **35**, 757-762.

MAYER R., VINCENT A., ÉCOCHARD R., 1951. Les populations françaises de Luzerne. Caractérisation ; zones de culture ; valeur culturale. *Ann. Amélior. Plantes*, **1**, série B, 210-255.

PICARD J., DEMARLY Y., HUTIN C., 1956. Espèces et variétés de Légumineuses. *Bull. Techn. Inform.*, **115**, 801-812.

RUDORF W., 1959. In KAPPERT H., RUDORF W., *Handbuch der Pflanzenzüchtung*, **2**, Auflage, 103-114, Paul PAREY, Berlin.

SINSKAYA E. N., MALIEIEVA Z. P., 1959. Ploïdie chez les espèces vivaces de Luzerne (en russe). *Rev. de Bot., Moscou-Leningrad*, **44**, nº 8, 1103-1111.

TRABUT M., 1917. Origine hybride de la Luzerne cultivée. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **164**, 607.

WICK H., 1932. Über Luzernebauversuche (1927-1931) der Reichsarbeitrage meinschaft fur Pflanzensortenzüchtung bei der D.L.G. *Mitt. Landwirtschaft*, **205** (cité par RUDORF W.).

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (3), 295-308.

ÉTUDE COMPARATIVE DES HYBRIDES RÉCIPROQUES *LOLIUM PERENNE* L. × *FESTUCA PRATENSIS* HUDS. ET DE LEUR DESCENDANCE

S. ESSAD

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes,
Centre national de Recherches agronomiques, Versailles (Seine-et-Oise)

SOMMAIRE

Les résultats obtenus et discutés dans cette publication confirment et précisent les travaux antérieurs (ESSAD, 1962). Il se révèle de façon nette que l'interprétation des phénomènes d'isolement constatés à partir de la F_1 réalisée entre *Lolium perenne* et *Festuca pratensis* n'est pas altérée par le sens du croisement initial. Quelques différences ont cependant été mises en évidence qui correspondent à une perturbation relative des fertilités ou des méioses en cytoplasme *Festuca* mais il n'est pas possible d'exclure actuellement de leur interprétation l'hypothèse d'un déterminisme purement génique.

I. — INTRODUCTION

L'obtention d'hybrides F_1 *Lolium perenne* × *Festuca pratensis* ($2n = 2x = 14$) est plus difficile à partir de *Festuca* ♀ que dans le sens inverse et REUSCH (1956) en a parfaitement analysé le mécanisme embryologique. Il en est résulté que nos recherches sur ce sujet ont d'abord porté sur les hybrides *Lolium perenne* ♀ × *Festuca pratensis* ♂. Très rapidement nous avons pu observer l'existence de phénomènes sélectifs correspondant à une élimination importante des caractères paternels dans la première génération de rétrocroisements. En l'absence de renseignements sur le comportement des hybrides réciproques, l'hypothèse la plus plausible était qu'une influence du cytoplasme transmis à la F_1 par la mère provoquait des réactions défavorables avec des facteurs chromosomiques étrangers (c'est-à-dire paternels) et tendait à les éliminer lorsque ceux-ci se trouvaient démasqués par leurs allèles lors de la méiose (ESSAD, 1961). De tels exemples sont en effet connus parmi lesquels le moins contestable est certainement le cas d'*Aquilegia vulgaris* × *A. chrysantha* (SKALIŃSKA, 1928).

Entre temps les hybrides réciproques avaient pu être obtenus et, dès les premières observations de la descendance de ces F_1, il est apparu que la symétrie vis-à-vis du sens de croisement initial n'existait pas. Les mêmes phénomènes se manifestaient en F_1 et en R_1 quel que soit le sens de l'hybridation : très forte stérilité des hybrides F_1 et R_1F (rétrocroisements par *Festuca pratensis*) et élimination importante des caractères *Festuca*. Ces constatations préliminaires ont conduit à de nouvelles hypothèses (ESSAD, 1962).

La présente publication a pour objet essentiel de compléter les informations précédentes par la comparaison détaillée des résultats obtenus selon que l'hybridation des espèces est réalisée dans l'un ou l'autre sens.

II. — MATÉRIEL ET TECHNIQUES

A l'exception de trois nouveaux hybrides F_1, le matériel hybride issu de croisements initiaux *Lolium perenne* ♀ ainsi que les méthodes employées dans le cours de ce travail ont été présentés de façon détaillée dans notre précédente publication (ESSAD, 1962). Nous prions le lecteur de bien vouloir s'y reporter. Les seules indications complémentaires utiles concernent les hybrides originaux étudiés ici.

L'emploi d'un certain nombre d'abréviations ou de symboles a été rendu nécessaire. Selon l'usage établi, nous avons employé des lettres grecques pour désigner l'origine du cytoplasme : λ pour *Lolium*, φ pour *Festuca*. La première génération de rétrocroisement est désignée par l'abréviation R_1 suivie de la lettre *L* ou *F* selon que le parent récurrent utilisé a été *Lolium* ou *Festuca*, respectivement. La lettre *p* représente la *probabilité d'association* chromosomique en métaphase hétérotypique de méiose et correspond au rapport du nombre de chromosomes associés au nombre total de chromosomes. La lettre *l* représente l'*intensité de liaison* des chromosomes associés et correspond au rapport du nombre de bivalents en anneau au nombre total de bivalents.

Les trois nouveaux hybrides F_1 issus de mère *Lolium perenne* (λ) et désignés par les abréviations LF 20, LF 21 et LF 22, se sont réalisés spontanément par l'isolement dans une même case d'une plante *Lolium perenne* L 13 et d'une plante *Festuca pratensis* M 160. L 13 descend d'une population naturelle de Versailles et M 160 d'une population naturelle des Marquoises (Manche). Ces trois hybrides très vigoureux ont été très facilement repérés parmi les 57 plantes provenant de l'autofécondation qui constituaient un ensemble très homogène manifestant un effet d'inbreeding très net. Les contrôles ultérieurs (chromosomiques notamment) ont confirmé l'état hybride de ces trois plantes. Leur utilisation s'est ici limitée à l'étude des caractères quantitatifs et qualitatifs pour laquelle ils ont été joints aux deux λ F_1 précédemment étudiés.

Trois autres hybrides F_1 ont servi de point de départ à l'analyse des résultats des hybridations *L. perenne* et *F. pratensis* en cytoplasme *Festuca* (φ). Désignés par FL 3, FL 4, FL 5, ces trois hybrides proviennent de croisements contrôlés entre *F. pratensis* R13 issue d'une population naturelle de Rouen (Seine-Maritime) et *L. perenne* S 42, lui-même tiré d'une souche commerciale d'Aberystwyth, S 24.

Contrairement aux modalités d'obtention des λ R_1L et des λ R_1F qui provenaient de parents récurrents connus, les φR_1 ont été réalisés en isolant les plantes mères F_1 (mâle-stériles) en pépinières de *Lolium perenne* pour les φR_1L et de *Festuca pratensis* pour les φR_1F. Les caractères de ces familles possèdent donc une signification plus large encore que les familles λ homologues.

III. — RÉSULTATS OBTENUS

A. — *Méioses* (*cf.* tabl. 1)

La méiose des hybrides φF_1 est tout à fait comparable à celle des hybrides λ F_1. On constate ici aussi l'existence d'une asyndèse faible mais constante. Il faut cependant remarquer que si la valeur de *p* des λF_1 est significativement différente de

celle des parents au seuil de probabilité 0,05, cette signification disparaît lorsqu'on compare les φF_1 aux mêmes parents.

Les R_1L φ et λ présentent exactement le même comportement méiotique et ne diffèrent pas significativement des parents ni des F_1.

Nous avions déjà remarqué la réduction sensible d'appariement chromosomique chez les λR_1F. Or cette tendance s'accuse encore chez les φR_1F, les valeurs de p passent respectivement de 0,905 à 0, 626 et les valeurs de l de 0,638 à 0,512. φR_1F est significativement inférieur, au seuil de 0,05, aux parents, F_1 et R_1L pour les valeurs de p et de l, ainsi qu'aux λR_1F pour p tandis que λR_1F ne diffère significativement, pour p, que des parents et R_1L, et pour l que des R_1L.

Il est par ailleurs remarquable que, indépendamment de toute signification statistique, les valeurs moyennes de l des hybrides F_1 et R_1L soient supérieures à celle des parents, bien que ceux-ci conservent la meilleure position en ce qui concerne les valeurs de p.

B. — Fertilités (*cf.* tabl. 1)

1°) *Fertilités polliniques*

Chez les hybrides F_1 on constate un relèvement sensible de la fertilité moyenne des φF_1 par rapport aux λF_1. Cependant, l'examen des valeurs individuelles notées pour FL 3, FL 4 et FL 5 fait ressortir nettement leur hétérogénéité. En particulier FL 3 est d'une stérilité supérieure à certains λF_1. On ne peut donc pas conclure à une différence fondamentale entre ces deux catégories d'individus. On notera aussi sur ces valeurs individuelles l'influence importante de l'année de prélèvement du pollen. Ceci avait été nettement mis en évidence dans notre précédente publication (Essad, 1962).

Nous n'avons conservé dans le tableau 1 que la fratrie 16 L pour servir de point de comparaison entre λR_1L et φR_1L, la fratrie 15 L ayant été considérée comme un matériel défavorable pour l'étude des fertilités, en raison des aberrations présentées par le parent *Lolium perenne* L 29. Or les fertilités polliniques des deux fratries φR_1L sont identiques entre elles et comparables à celles des 16 L qui sont cependant sensiblement supérieures (65 p. 100 pour 53 p. 100).

Le caractère essentiel de la fratrie φR_1F est l'absence totale de plantes présentant une fertilité pollinique quelconque, tandis que la moyenne des deux fratries λR_1F se trouvait relevée par l'existence de quelques plantes dont la fertilité pollinique pouvait atteindre 5 p. 100. Si donc, en cytoplasme *Lolium*, les fertilités polliniques F_1 et R_1F sont comparables, on aboutit, en cytoplasme *Festuca*, à un accroissement apparent de la fertilité pollinique de la F_1 et à une androstérilité totale de la R_1F. Remarquons simplement que les résultats ici acquis sont extrêmement limités.

2°) *Fertilités femelles*

Les différences de fertilités déjà constatées suivant le sens du recroisement des hybrides λF_1 se retrouvent chez les $\varphi \mathbf{F}_1$: les fertilités ♀ sont plus élevées en recroisement par *Lolium perenne* qu'en recroisement par *Festuca pratensis*. Ce caractère se retrouve pour deux des trois $\varphi \mathbf{F}_1$, la troisième se révélant totalement stérile, avec

TABLEAU I

Récapitulation des méioses et fertilités mâles et femelles des plantes diploïdes

Familles	Nbre de plantes	p	l	Nbre de plantes	Fertilités polliniques	Caryopses p. 100 épillets	Germination p. 100	Viabilité p. 100	Plantes p. 100 épillets
*Parents FL....	38	0,993 ± 0,012	0,682 ± 0,097	38	82‡ (33 à 97)	255 (116 à 608)	87 (76 à 95)	98 (96 à 100)	217
*λ F_1 global ...	5	0,968 ± 0,015	0,732 ± 0,036	5	0,9 (0 à 5,8)	× *Lolium* 12,5	24,7	78,9	3,25
						× *Festuca* 8,2	24,5	64,8	1,18
						FL 15,5			
φ F_1 global	3	0,978 ± 0,009	0,739 ± 0,063	3	4,0 (0 à 10)	× *Lolium* 1,6	24,2	60,0	0,23
						× *Festuca* 0,1	69,6	93,8	0,06
						FL 5,4			
FL 3	1	0,969	0,686	1	ε (ε et 0)	× *Lolium* 0	—	—	0
						× *Festuca* 0	—	—	0
						FL 0,5	0	—	0
FL 4	1	0,985	0,808	1	6,5 (9 et 4)	× *Lolium* 3,7	11,9	100 (7/7)	0,44
						× *Festuca* 0,1	0/1	—	0
						FL 6,4	16,0		
FL 5	1	0,985	0,715	1	5,0 (ε et 10)	× *Lolium* 1,1	30	52,6	0,17
						× *Festuca* 0,3	72,7	93,8	0,20
						FL 9,4	1/7		
*λ R1L (16 L) .	19	0,985 ± 0,010	0,741 ± 0,081	19	65 (7 à 97)	410 (136 à 655)	87,5 (76 à 96)	98,1 (85 à 100)	352
φ R1L global .	13	0,989 ± 0,037	0,747 ± 0,023	25	53 (15 à 86)	285 (15 à 573)	52 (30 à 72)	—	≤ 148
4 L........	3	0,994 ± 0,005	0,660 ± 0,109	7	52 (15 à 74)	210 (15 à 400)	55 (41 à 68)	—	≤ 116
5 L........	10	0,988 ± 0,015	0,773 ± 0,046	18	53 (15 à 86)	314 (67 à 573)	51 (30 à 72)	—	≤ 160
*λ R_1F global ..	22	0,905 ± 0,139	0,638 ± 0,157	23	1,1 (0 à 5)	1,7 (0 à 8,8)	—	—	—
*15 F......	17	0,906 ± 0,145	0,633 ± 0,176	18	0,7 (0 à 5)	1,8 (0 à 8,8)	25,5 (0 à 40)	76	0,31
*16 F......	5	0,900 ± 0,131	0,656 ± 0,067	5	1,4 (0 à 3)	1,6 (0 à 8,0)	0	—	0
φ R1F (5 F) ...	13	0,626 ± 0,259	0,512 ± 0,098	15	0	2,0 (0 à 14)	1,8 (0 à 33)	—	≤ 0,04

* = valeurs tirées des tableaux 12 et 24 (1962) pour les méioses et fertilités polliniques, 19, 20 et 25 (1962) pour les fertilités femelles.
‡ = famille L 29 exclue.
p = probabilité d'association, l = intensité de liaison (Essad 1962-IV-A).

Lolium perenne comme avec *Festuca pratensis*. La fertilité systématiquement plus élevée en fécondation libre ne s'explique pas entièrement par l'intervention possible de *Festuca arundinacea* avec qui les hybrides F_1 se croisent aisément (*cf.* ESSAD, 1962). Il semble que l'on puisse ici faire intervenir les conditions de pollinisation des croisements par *Lolium* et par *Festuca*. En effet, les témoins LF 15 et LF 16 qui avaient été introduits dans le dispositif de rétrocroisement des φF_1 ont présenté des fertilités bien inférieures à celles qui avaient été relevées au cours de l'étape précédente : en rétrocroisement par *Festuca pratensis*, LF 15 et LF 16 ont donné respectivement 0,8 et 0,5 caryopses pour 100 épillets (contre 9,7 et 6,7, tabl. 19, 1962) et en rétrocroisement par *Lolium perenne*, LF 16 a donné 7,2 caryopses pour 100 épillets (contre 11,9). Par conséquent on peut admettre que la réduction de fertilité présentée par les φF_1 ne présente pas l'ampleur exprimée dans le tableau 1 et que, si elle existe effectivement, elle devra être mise en évidence par une nouvelle expérimentation plus précise.

Les pourcentages de germination et de viabilité des caryopses issus de φF_1 et λF_1 sont identiques en ce qui concerne les rétrocroisements par *Lolium perenne*, nettement plus élevés en ce qui concerne les rétrocroisements de φF_1 par *Festuca*. Une seule plante F_1 se trouve ici véritablement en cause. Quoi qu'il en soit, la stérilité totale de FL 3 et le grainage très réduit de FL 4 et FL 5 aboutissent à des fertilités-plantes minimes par rapport aux λF_1. Une constante s'y retrouve cependant : la fertilité réduite en rétrocroisement par *Festuca pratensis*.

Chez les $\mathbf{R_1L}$ nous retrouvons la même tendance : réduction des fertilités des φR_1L. Cette réduction est importante mais le grainage observé se situe encore au niveau de celui des parents ; elle résulte d'un phénomène général d'abaissement des fertilités minima et maxima. De plus, les pourcentages de germination sont extrêmement significatifs : leur réduction est considérable en cytoplasme *Festuca* et la fertilité-plante résultante se trouve très réduite dans les deux fratries analysées.

Pour $\varphi \mathbf{R_1F}$ une seule fratrie a pu être obtenue et étudiée. Son grainage est absolument équivalent à ceux constatés dans les deux fratries λR_1F mises en comparaison ainsi qu'à celui des hybrides F_1. La germination quasi-nulle des caryopses récoltés (1 sur 60) établit une correspondance étroite avec la fratrie 16 F.

C. — CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

La différenciation morphologique des espèces *Lolium perenne* et *Festuca pratensis* est extrêmement mal définissable, mis à part le type d'inflorescence. Ceci nous a conduit à rechercher des caractères susceptibles de supporter une étude d'ordre génétique permettant de décrire *objectivement* les parents et les différentes générations d'hybrides et d'en déduire, pour chaque génération, les mécanismes de recombinaison mis en cause. Une analyse morphologique détaillée nous a déjà permis d'isoler certains caractères susceptibles de remplir une telle mission (ESSAD, 1962). Ces caractères ne présentent certes pas la simplicité disjonctionnelle souhaitable, ni même une parfaite indépendance des conditions du milieu. Leur détermination exige un travail minutieux et par suite assez lent qui ne permet pas, dans le laps de temps très court dont on dispose, d'observer chaque année un nombre suffisamment important de plantes. Mais nous avons pu aussi constater leur valeur *a posteriori*

qui est excellente, en parfait accord avec les impressions visuelles qu'elles objectivent en permettant de les insérer dans un contexte statistique et qu'elles affinent par la mise en évidence de phénomènes auxquels pourront s'attacher des études de détail ultérieures.

Ces caractères peuvent être répartis en deux catégories : les caractères de type qualitatif, dont la détermination n'exige aucune mesure, et les caractères de type purement quantitatif, dont l'association sous forme de rapports a seulement pour effet d'accroître la valeur distinctive tout en tamponnant l'influence du milieu.

1º) *Caractères de type qualitatif* (*cf.* tabl. 2)

La forme et la section du rachis de *Lolium* paraît nettement dominante bien qu'un des hybrides φF_1(FL 3) n'ait pu être classé à coup sûr dans l'une ou l'autre catégorie. Les R_1L sont uniformément « R » et une disjonction du caractère se manifeste chez les R_1F λ *et* φ dans les proportions approximatives de 1 R pour 3 T.

TABLEAU 2

Caractères de type qualificatif (+ = présence, — = absence, ± = variable suivant les années)

	Lolium	R_1L		F_1		R_1F		*Festuca*
		λ	φ	λ	φ	λ	φ	
Section du rachis	Rectangulaire	54 (R)	25 (R)	5 (R)	2 (R) 1 (TR) FL3	7 (R) 24 (T)	3 (R) 11 (T)	Triangulaire
Glumes (*) / Fleurs	⩾ 2 (2 à 8)	30 (⩾ 2) 24 (1)	21 (⩾ 2) 4 (1)	5 (1)	3 (1)	2 (1) 29 (< 1)	14 (< 1)	< 1 (1/2 à 3/4)
Pédonculation des épillets	—	51 (—) 3 (+)	25 (—)	4 (+) 1 (—) LF20	3 (+)	1 (—) 30 (+)	14 (+)	+
Ramification des inflorescences	—	50 (—) 4 (+)	20 (—) 5 (+)	4 (+) 1 (—) LF20	1 (+) 2 (±) FL4 FL5	8 (—) 23 (+)	2 (—) 12 (+)	+
Glume inférieure	—	45 (—) 9 (+)	25 (—)	5 (+)	3 (+)	1 (—) 30 (+)	14 (+)	+

(*) Nombre de fleurs atteintes ou dépassées dans l'épillet par la glume supérieure.

Le caractère « glumes/fleurs » de la F_1 est intermédiaire par rapport aux espèces parentes. Les plantes issues des rétrocroisements réciproques ne sont en totalité du type récurrent que dans le cas des φR_1F. Chez λR_1F et φR_1L une faible proportion de types F_1 se manifeste encore et cette catégorie devient très fréquente chez λR_1L.

Les trois autres caractères manifestent une dominance du type *Festuca* qui

n'est cependant totale, d'après nos résultats, que pour la présence de glume inférieure. Dans les deux autres cas, certains hybrides F_1, φ ou λ, présentent, ou peuvent présenter, le phénotype *Lolium*. En dépit de ces variations de la F_1, les disjonctions des trois caractères sont analogues dans les rétrocroisements par *Festuca* ou *Lolium*, en cytoplasme *Lolium* ou *Festuca*, compte tenu de la faiblesse des effectifs en cause : une faible proportion des caractères du parent non-récurrent apparaît.

On notera cependant qu'en cytoplasme *Festuca*, la sélection à l'encontre du caractère du parent non-récurrent est totale pour la pédonculation des épillets et la présence-absence de la glume inférieure.

2°) *Caractères quantitatifs* (*cf.* tabl. 3 et graph. 1)

L'analyse de la distribution des valeurs du rapport « F/GL » révèle une excellente homogénéité des différentes générations d'hybrides en cytoplasme *Lolium* ou *Festuca*, à l'exception de φR_1L. Cette famille, en effet, est non seulement significativement

TABLEAU 3

Caractères quantitatifs

		n	F/Gl		G/Gl		d'épillets	
			$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x
*_Lolium perenne_ FL		18	0,547	0,095	16,37	3,77	1,241	0,122
R_1L 2*n*	*λ	49	0,610	0,108	15,73	2,91	1,330	0,183
	φ	25	0,689	0,103	14,31	3,13	1,132	0,126
F_1	λ	5	1,045	0,249	25,10	4,88	1,336	0,115
				0,212		4,27		0,184
	φ	3	0,918	0,132	22,18	2,90	1,580	0,190
R_1F 2*n*	*λ	26	1,039	0,196	30,71	9,19	1,496	0,199
	φ	14	0,983	0,168	33,45	8,30	1,411	0,149
*_Festuca pratensis_ FL		14	1,344	0,187	44,31	6,66	1,833	0,123

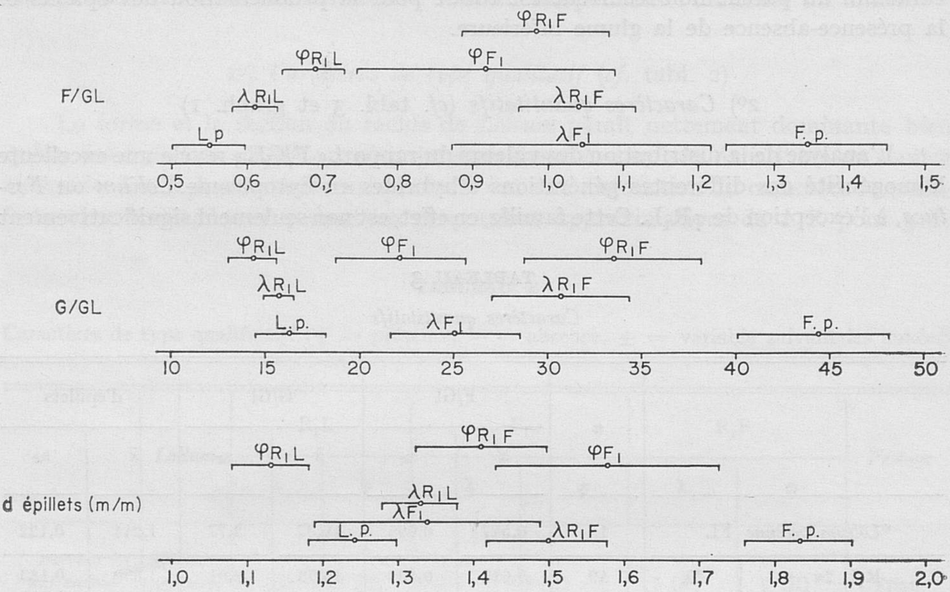
* Valeurs tirées du tableau 23, 1962.
F/GL = rapport largeur de dernière feuille culmaire sur longueur de glume.
G/Gl = rapport longueur de gaine de dernière feuille culmaire sur longueur de glume.
d'épillets = longueur de rachillet sur nombre de fleurs insérées sur le rachillet moins une (correspond à la longueur moyenne de la baguette, *cf.* fig. 3-1962).

différente de *Lolium perenne* mais encore se situe à la limite des écarts significatifs vis-à-vis de λR_1L pour un seuil de probabilité de 0,05. Elle reste cependant significativement différente des hybrides F_1.

Le faciès des distributions du caractère « G/GL » diffère nettement du précé-

dent. Le groupement de *Lolium perenne* et des R_1L est excellent. Les F_1 φ et λ sont aussi très homogènes, ainsi que les R_1F λ et φ entre elles. Par contre, la tendance manifestée par λR_1F à s'écarter de la F_1 vers *Festuca* s'accuse pour φR_1F. φF_1 se rapprochant de *Lolium* se trouve différer significativement des R_1F alors que λF_1 et φR_1F sont à la limite de la différence significative.

Pour le caractère « densité des épillets », la variabilité des hybrides F_1 est très élevée, de telle sorte que, malgré l'absence de différence significative entre les



moyennes φ et λ, λF_1 recouvre la variation probable de *Lolium* alors que φF_1 s'en distingue significativement. Les R_1L φ et λ diffèrent significativement entre eux mais ne diffèrent pas significativement de *Lolium*. Les R_1F sont tout à fait comparables et demeurent très nettement à l'intérieur des variations probables de la F_1.

Dans les trois distributions analysées, *Festuca pratensis* demeure significativement différente des familles hybrides. C'est là le seul point parfaitement en accord avec les observations précédentes. Cependant les autres résultats ne contredisent pas de façon nette nos conclusions antérieures : les R_1L conservent la tendance *Lolium* et les R_1F sont du type F_1, celui-ci occupant une position intermédiaire entre les espèces parentes ou se rapprochant sensiblement de *Lolium*. On constate seulement une variabilité plus importante.

3°) *Caractères physiologiques*

Comme chez les λR_1F, nous avons retrouvé deux plantes φR_1F qui ne forment pas d'organes sexuels régulièrement chaque année.

D. — Caractéristiques chromosomiques de la génération R_1

Sur 28 plantes φR_1L, deux sont triploïdes, une tétraploïde et toutes trois appartiennent à la fratrie 5 L (21 plantes). Aucune observation de cet ordre n'a été relevée

parmi les 15 plantes φR_1F (fratrie 5 F) où cependant ont été observées deux plantes possédant un fragment surnuméraire (sur 13 plantes analysées suffisamment en détail). De même une plante φR_1L (sur 13) présente un fragment de chromosome Par contre, aucune plante trisomique ou à $3n \pm 1$ n'a été observée.

Dans les fratries λR_1 (§. VI-A et tabl. 20, 1962) les plantes triploïdes sont plus fréquentes, en particulier dans les λR_1L où leur proportion est comprise entre 12 et 64 p. 100. Dans ce groupe ont aussi été rencontrées : une plante à $2n = 14 +$ fragment, deux plantes trisomiques ($2n = 15$), quatre plantes à $2n = 20$ et quatre plantes à $2n = 22$ chromosomes.

IV. — DISCUSSION

1°) En ce qui concerne la **F₁**, les résultats obtenus en cytoplasme φ ou λ sont parfaitement comparables. La méiose faiblement asynaptique des λF_1 se retrouve très légèrement améliorée chez les φF_1. Les résultats obtenus par PETO (1933) n'infirment pas nos propres résultats : 2 p. 100 et 2,4 p. 100 d'univalents pour deux φF_1, appariement total chez deux autres φF_1 ainsi que chez la seule λF_1 analysée. Les analyses de méiose de cet auteur ne portant que sur 6 cellules-mères de pollen ne pouvaient pas mettre en évidence une asyndèse aussi faible que celle qui caractérise les F_1 φ et λ.

La fertilité pollinique des F_1 est extrêmement faible et varie de 0 à 10 p. 100, avec une moyenne sensiblement plus élevée pour φF_1 (4 p. 100) que pour λF_1 (0,9 p. 100). Si l'on considère, d'une part, que la variation des φF_1 englobe la variation des λF_1, d'autre part que PETO obtient des valeurs de 13 p. 100 pour une plante λF_1, 0 p. 100 pour quatre φF_1, et enfin que REUSCH (1959 *a*) obtient une valeur moyenne de 3,6 p. 100 pour huit λF_1 (0,8 à 5,3 p. 100), on peut raisonnablement affirmer qu'il s'agit là d'une fluctuation et que les différences constatées correspondent à la juxtaposition de l'influence du milieu (*cf.* tabl. 1) et des génotypes.

La réduction des fertilités femelles constatée chez φF_1 peut être exagérée, comme nous l'avons remarqué plus haut, par une pollinisation défectueuse. Mais, par ailleurs, lorsque les résultats présentés par JENKIN (1955, tabl. 1) sont regroupés dans cette optique, on obtient les résultats suivants (tabl. 4) :

TABLEAU 4

(*D'après les données de* JENKIN, 1955)

	Caryopses p. 100 fleurs	Germination %	Plantes adultes p. 100 fleurs
	—	—	—
λ F₁ × *L. perenne*	2,85	22	0,50
λ F₁ × *F. pratensis*	2,70	4,4	0
φ F₁ × *L. perenne*	0,56	26,5	0,16
φ F₁ × *F. pratensis*	0,35	12,5	0,05

Bien que le grainage soit ici nettement plus élevé en cytoplasme *Lolium*, ces résultats ne permettent pas d'établir une discrimination certaine entre les F_1 φ et λ si l'on ne considère que l'aptitude à donner une descendance. D'autre part, la ferti-

lité nulle de FL 3 se retrouve dans les résultats de REUSCH en cytoplasme *Lolium* : un hybride F_1 sur huit se trouve être complètement stérile en rétrocroisement par *Lolium* comme par *Festuca* (aucune germination pour un pourcentage de caryopses formés de 0,9 par *Lolium*, de 0 par *Festuca*). Il est donc difficile de prendre position à ce sujet et il convient seulement de considérer ces résultats comme une possibilité de différenciation cytoplasmique à contrôler ultérieurement. Par contre, les résultats des auteurs précédemment cités (*cf.* ESSAD, 1962, fin du chap. V) s'accordent avec les nôtres, en cytoplasme *Lolium* ou *Festuca*, pour montrer qu'une fertilité femelle plus élevée suit le rétrocroisement par *Lolium*.

Les caractères morphologiques ne permettent pas d'établir une distinction entre F_1 φ et λ. Il convient cependant de noter que la variabilité des λF_1 recouvre entièrement celle de *Lolium perenne* pour le caractère de densité des épillets.

2°) Chez les $\mathbf{R_1L}$ la méiose peut encore être considérée comme normale. Sans qu'on y observe de différence significative avec les parents, la variation y est plus grande, notamment pour p de φR_1L. Mais φ et λ sont par ailleurs parfaitement comparables. Les résultats de PETO montrent une régularité totale des appariements pour cinq λR_1L et deux φR_1L mais il faut, ici encore, remarquer le nombre trop restreint de cellules-mères du pollen et de plantes analysées pour pouvoir mettre en évidence des phénomènes d'asyndèse aussi peu marqués en valeur absolue et en fréquence, dans les populations, que ceux que nous avons observés. Deux autres λR_1L analysés par cet auteur se distinguent très nettement de toutes les observations faites jusqu'ici, par l'importance de l'asyndèse qui s'y manifeste (p = 0,655 et 0,688). Il s'agit visiblement ici d'observations qui n'entrent pas dans le cadre de cette étude.

Les fertilités polliniques des R_1L manifestent un relèvement très important par rapport aux F_1, sans atteindre toutefois la fertilité des parents. De plus, nous avons pu constater une réduction sensible des valeurs de φR_1L par rapport à celles de λR_1L (53 % et 65 %). Ces résultats pourraient être attribués à une différenciation génétique des deux familles comparées, cependant les données fournies par PETO et par REUSCH tendent à confirmer cette position relative des R_1L φ et λ. PETO obtient une valeur moyenne de 84,6 p. 100 (77 à 92) pour six λR_1L (valeur identique à celle que nous avons obtenue chez les parents) alors que les deux φR_1L étudiés présentent des fertilités polliniques de 61 et 74 p. 100. Pour vingt-deux plantes λR_1L, les résultats de REUSCH correspondent à une fertilité moyenne de 62,5 p. 100 (0 à 91,3 p. 100) qui s'accorde parfaitement avec nos propres résultats dans un matériel homologue. La tendance de cette génération est donc une restitution de fertilité, bonne en moyenne, extrêmement variable entre plantes et meilleure en cytoplasme *Lolium* qu'en cytoplasme *Festuca*.

Les fertilités femelles marquent dans ce groupe une différenciation extrêmement nette. Si le grainage obtenu chez λR_1L est nettement supérieur à celui des parents, ce que nous avons déjà discuté (ESSAD, 1962), et si la germination correspondante est équivalente à celle des parents, les deux fratries φR_1L analysées manifestent une réduction importante du grainage et de la germination. Le grainage réduit ne peut être rapporté à des conditions de pollinisation défectueuse étant donné que ces relevés ont été effectués au cours de deux années consécutives (1962, 1963). Quant aux conditions de récolte, de stockage et de germination des caryopses, elles ont été identiques dans tout le cours de ce travail : récoltes effectuées à la maturité complète, battages réalisés à la main après dessication dans les conditions du labo-

ratoire, la mise à germer n'intervenant qu'après un délai minimum de un mois et demi après la récolte. Les lots de semences issus des φR_1L avaient en fait subi un stockage de quatre et seize mois. Seule une influence génotypique pourrait être opposée à l'influence possible du cytoplasme.

Les caractères qualitatifs utilisés ne permettent aucune distinction nette entre R_1L φ et λ. Cependant, des différences significatives apparaissent entre φ et λ pour deux des trois caractères quantitatifs : « largeur de feuilles sur glumes » et « densité d'épillets ». Pour ce deuxième caractère, ainsi que pour le caractère « longueur de gaine sur longueur de glume », φR_1L se situe en deçà des parents *Lolium* utilisés comme témoins sans en être significativement différent au seuil de 5 p. 100. On peut par conséquent considérer que cette différence significative avec λR_1L est du domaine de l'influence génotypique des parents puisqu'elle n'altère pas la signification des déviations constatées. Par contre, la déviation constatée pour le caractère F/GL risque de poser à nouveau le problème de la sélection pour ce caractère en cytoplasme *Festuca*. Cependant la position de la fratrie φR_1F, par rapport à λR_1F et aux hybrides F_1, ainsi que le fait d'une différence qui n'est qu'à la limite de signification entre φ et λ de R_1L, laissent à penser qu'il ne s'agit là que d'une fluctuation aléatoire partiellement liée aux caractéristiques génétiques des parents récurrents. On peut donc considérer que, dans l'état actuel de la question, les caractères quantitatifs utilisés ne permettent pas de séparer les R_1L φ et λ.

3°) En ce qui concerne les $\mathbf{R_1F}$ nous avons vu que les méioses y sont particulièrement aberrantes. La forte asyndèse rencontrée dans les fratries λ (15 F et 16 F) se trouve encore exagérée chez φ5 F. Les valeurs de *p* obtenues sont de 0,905 en moyenne dans le premier cas avec des variations individuelles comprises entre 0,364 et 1 ; elles sont de 0,626 en moyenne dans le deuxième cas, avec des valeurs individuelles comprises entre 0,166 et 0,929. Ce qui revient à dire qu'en cytoplasme *Lolium* on peut encore trouver des plantes à méiose normale, ce qui n'est plus le cas en cytoplasme *Festuca*. Il n'est pas possible de généraliser encore ces résultats comparatifs limités à trois fratries mais il est certain, dès à présent, que ces troubles de la méiose constituent une caractéristique des rétrocroisements par *Festuca*. Une plante φR_1F observée par PETO ne présentait que rarement un appariement total, ce qui concorde parfaitement avec nos observations.

Les fertilités polliniques observées sont extrêmement faibles dans les λR_1F, nulles dans les φR_1F, sans que ceci puisse être considéré comm une conséquence des asyndèses méiotiques. Le phénomène est trop accentué pour cela (*cf.* fig. 32, 1962) et par ailleurs nous n'avons pu constater aucune corrélation entre le degré d'appariement chromosomique et les fertilités polliniques dans les fratries 15 F et 16 F où celles-ci peuvent n'être pas nulles. REUSCH a pu relever les fertilités polliniques de cinq λR_1F : toutes ces plantes sont totalement mâle-stériles. Donc aucune différenciation des R_1F ne peut, à cet égard, être imputée à l'influence du cytoplasme original.

Les fertilités femelles relevées dans la fratrie φ5 F sont, elles aussi dans leur aspect négatif, comparables à celles des fratries λR_1F.

Aucune différence n'a pu être non plus relevée entre R_1F φ et λ pour les caractères morphologiques et physiologiques. Les caractères quantitatifs ont toujours des valeurs voisines de celles de la F_1 et significativement différentes de celles de *Festuca pratensis*. Les caractères qualitatifs utilisés manifestent une prépondérance

des caractères *Festuca* qui sont récessifs ou semi-récessifs dans deux cas sur cinq.

4°) Caractéristiques chromosomiques de la génération R_1. L'apparition de plantes triploïdes caractérise les R_1 issues de cytoplasme *Lolium* comme les R_1L issues de cytoplasme *Festuca*. Les fréquences nettement plus faibles relevées chez les φR_1L et la disparition du phénomène dans la fratrie 5 F correspondent à des observations trop limitées pour permettre d'attribuer ceci à une influence cytoplasmique certaine. Bien que les λR_1 étudiées aient toujours présenté une fréquence de triploïdes supérieure à 10 p. 100, l'importance des variations constatée entre fratries met en évidence une influence génotypique qui peut fort bien intervenir pour expliquer la rareté du phénomène dans les φR_1 analysés.

L'existence de la plante tétraploïde $\varphi 5$ L ne peut qu'être rapprochée de celle d'une autre plante tétraploïde dans la famille $\lambda 15$ F ainsi que du *Lolium perenne* L (29)-5 $4n$ et de la fétuque des prés M (115)-18 mixoploïde, ces trois cas ayant été signalés et discutés précédemment (ESSAD, 1962).

Leur caractère exceptionnel et leur distribution ne permettent d'en tirer aucune conséquence utile pour l'interprétation des caractéristiques des hybrides qui nous occupent.

R_1 triploïdes, aneuploïdes et porteurs de fragments sont la conséquence indiscutable des processus de la méiose des cellules-mères des macrospores de la F_1. Aucune démonstration certaine de la formation de gamétophytes mâles non réduits n'a pu être faite par l'étude des méioses de cellules-mères du pollen F_1. La recherche de l'origine de ces non-réductions devra donc emprunter d'autres voies, telles que celle de la morphologie chromosomique des R_1 $2n$ et $3n$. Mais l'apparition de chromosomes supplémentaires et de fragments est la conséquence inéluctable des asyndèses et des cassures chromosomiques observées dans le cours des méioses F_1 (ESSAD, 1962).

V. — CONCLUSIONS

La comparaison des observations réalisées chez les hybrides *Lolium perenne* × *Festuca pratensis* a permis de mettre en évidence deux points importants. Le premier point concerne l'interprétation possible des phénomènes de l'isolement interspécifique : *identité fondamentale des résultats obtenus en cytoplasme* Lolium *et en cytoplasme* Festuca. Le deuxième point concerne l'orientation à donner à la suite de ces recherches : variabilité des caractères rencontrés dans les fratries comparées.

L'identité des caractères des hybrides, quel que soit le sens du croisement initial, correspond à un certain nombre de traits que l'on peut rappeler brièvement. La méiose est toujours faiblement asyndétique chez les hybrides F_1, l'asyndèse persistant à un moindre degré jusqu'à disparaître en R_1L tandis qu'elle s'exagère considérablement chez les R_1F. Les fertilités des hybrides F_1 sont extrêmement réduites et tendent à s'annuler chez les R_1F alors que les R_1L redeviennent presque normales à cet égard.

Les caractères morphologiques de la R_1L sont nettement de type *Lolium* tandis que la R_1F reste du type F_1 tout au moins en ce qui concerne les caractères quantitatifs, les caractères qualitatifs y marquant un net retour au type *Festuca*.

L'observation de l'ensemble des résultats a mis en lumière quelques caractéristiques, jusqu'ici mal précisées, par le parallélisme des déviations constatées dans

les fratries homologues. Ceci concerne tout particulièrement la génération R_1L où se confirme la persistance de certains facteurs génétiques *Festuca*. Cette rémanence pourrait-on dire, se traduit dans les caractères morphologiques mais aussi et surtout dans le comportement sexuel : très faible réduction de l'appariement chromosomique, réduction sensible de la fertilité pollinique et apparition de plantes présentant une fertilité femelle très faible. Ces caractères, comme l'avait déjà noté PETO en 1934 correspondent visiblement à une disjonction génétique de facteurs *Festuca* relativement libres, qui ont la possibilité de passer à cette génération de rétrocroisement par *Lolium*. Quant au comportement sexuel totalement aberrant de la R_1F, son caractère de généralité ne peut qu'être la conséquence d'une transmission constante de certains facteurs génétiques *Lolium*. Une légère restriction s'impose cependant : certaines plantes λR_1F, exceptionnelles, présentent une méiose régulière bien qu'elles demeurent parfaitement stériles. Ces aberrations constantes de la R_1F sont donc elles-mêmes partiellement contrôlées par des facteurs irrégulièrement distribués qui en modifient l'intensité.

Si certaines observations ont pu se trouver confirmées par l'analyse d'un matériel hybride supplémentaire, il en est d'autres, par contre, dont la signification reste obscurcie par la variabilité rencontrée.

La variation génétique due à l'hétérozygotie et les influences de la structure génique des parents employés se superposent aux effets d'une différenciation cytoplasmique possible entre les espèces. Il s'agit en particulier de caractères susceptibles de différencier, de façon mineure, les résultats obtenus en cytoplasme *Lolium* ou *Festuca* et notamment de la réduction constatée en cytoplasme *Festuca* des fertilités polliniques en R_1L et R_1F, des fertilités femelles du croisement initial, de la F_1 et de la R_1L, ainsi que des appariements chromosomiques R_1F. Tous ces caractères différentiels correspondent à une *aggravation des troubles dus à l'hybridation interspécifique lorsqu'on se trouve en cytoplasme* Festuca.

Certains des résultats fondamentaux déjà mis en évidence pourraient aussi être précisés utilement par l'acquisition d'une quantité et d'une qualité d'informations suffisantes. A cet égard il serait utile d'employer des géniteurs aussi homozygotes que possible. Leur comportement méiotique devrait être normal et leur fertilité totale. Ceci pour ne pas interférer avec les phénomènes qui constituent actuellement la base de l'analyse. L'incorporation à ces géniteurs de gènes marqueurs parfaitement définis serait hautement souhaitable. Il en résulte un travail préparatoire important dans les espèces *Lolium perenne* et *Festuca pratensis*, compte tenu des difficultés qu'oppose ce matériel à l'expérimentation génétique, mais cette solution semble être désormais la seule rentable pour l'approfondissement de nos connaissances des relations interspécifiques ici en cause.

Reçu pour publication en décembre 1963.

SUMMARY

COMPARATIVE STUDY OF THE RECIPROCAL HYBRIDS

LOLIUM PERENNE L. × FESTUCA PRATENSIS HUDS AND OF THEIR PROGENY.

The results obtained and discussed in this publication confirm and state more exactly the preceding works (ESSAD, 1962). It appears clearly that the interpretation of the isolating pheno-

mena observed from the F_1 *Lolium perenne* × *Festuca pratensis* is not impaired by the fact that *Lolium* is used as male or female in the initial crosses.

Some differences have been found however. They correspond to a comparative disturbance of the fertility or of the meiosis in *Festuca* cytoplasm, but it is not presently possible to exclude of their interpretation the hypothesis of a simple genetic control.

ZUSAMMENFASSUNG

VERGLEICHENDE ABHANDLUNG DER GEGENSEITIGE BASTARDE LOLIUM PERENNE L. × FESTUCA PRATENSIS HUDS UND IHRER NACHKOMMENSCHAFT

Die in dieser Veröffentlichung erhaltenen und besprochenen Ergebnisse bestätigen und präzisieren die früheren Arbeiten (ESSAD, 1962). Es erscheint deutlich, dass die Auslegung der beobachteten Isolierungsphänomene von F_1 zwischen *Lolium perenne* und *Festuca pratensis* nicht durch die Ursprüngliche Kreuzungsrichtung verändert ist.

Jedoch wurden einige Unterschiede gefunden. Sie entsprechen eine bezügliche Störung der Fruchtbarkeit oder der Meiose im *Festuca*-Plasma ; jetzt ist es aber noch nicht möglich von ihrer Auslegung die Voraussetzung einer bloss genischen Bestimmung auszuschliessen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ESSAD S., 1961. Les possibilités évolutives de l'hybridation *Lolium perenne* L. × *Festuca pratensis* HUDS. *Ann. génét.*, **2**, 41-46.

ESSAD S., 1962. Étude génétique et cytogénétique des espèces *Lolium perenne* L., *Festuca pratensis* HUDS. et de leurs hybrides. *Ann. Amélior. Plantes*, **12**, *n° Hors sér.*, 103 p.

JENKIN T. J., 1955. Interspecific and intergeneric hybrids in herbages grasses. XVI. *Lolium perenne* and *Festuca pratensis* with references to *Festuca loliacea*. *J. Genet.*, **53**, 379-441.

PETO F. H., 1933. The cytology of certain intergeneric hybrids between *Festuca* and *Lolium*. *J. Genet.*, **28**, 113-156.

REUSCH J. D. H., 1959 *a*. The nature of the genetic differentiation between *Lolium perenne* and *Festuca pratensis*. *South Afric. J. Agric. Sci.*, **2**, 271-283.

REUSCH J. D. H., 1959 *b*. Embryological studies on seed development in reciprocal crosses between *Lolium perenne* and *Festuca pratensis*. *South Afric. J. Agric. Sci.*, **2**, 429-445.

SKALINSKA M., 1928 *a*. Sur les causes d'une disjonction non typique des hybrides du genre *Aquilegia*. *Acta Soc. Bot. Polon.*, **5**, 141-173.

SKALINSKA M., 1928 *b*. Études sur la stérilité partielle des hybrides du genre *Aquilegia*. *Proc. Vth Intern. Cong. Genet.*, **2**, 1343-1372.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (3), 309-315.

NOTES TECHNIQUES

NOTE SUR UN ASPECT DE LA MORPHOLOGIE DE QUELQUES GRAMINÉES

M. GILLET et D. TINCHANT

Station d'Amélioration des Plantes fourragères, Lusignan (Vienne)

I. — INTRODUCTION

On sait qu'une touffe de Graminées est formée de talles de différents ordres, qui représentent en réalité un système de ramifications complexe, situé au niveau du sol : chaque talle prend naissance à l'aisselle d'une feuille de la talle précédente. La disposition distique des feuilles est classique : elles sont insérées alternativement sur deux génératrices diamétralement opposées.

On pourrait donc s'attendre à ce que les talles obéissent à la même dispositiou distique. Il n'en est pas ainsi chez les espèces que nous avons étudiées.

II. — MORPHOLOGIE DE LA TOUFFE

Chez *Festuca pratensis* HUDS., *Festuca arundinacea* SCHREB., *Lolium perenne* L., *Lolium multiflorum* LAM. et *Phleum pratense* L., les talles sont disposées comme le schématise la figure 1.

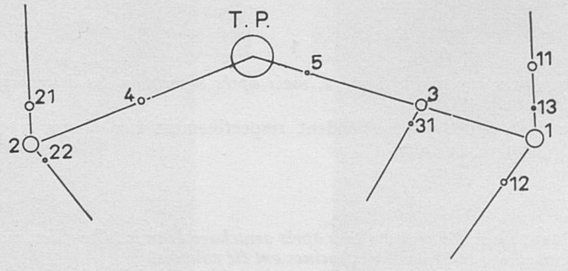
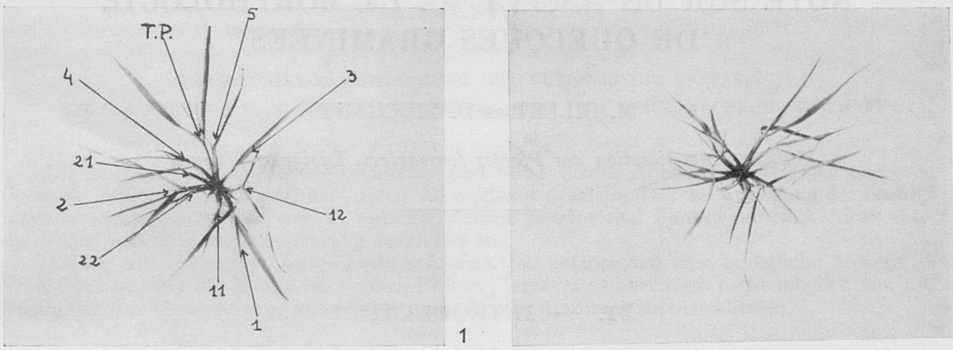


FIG. 1. — *Structure organographique d'une touffe de Graminées*
T. P. Talle principale
1 première talle primaire
2 Seconde talle primaire, etc.
11 première talle secondaire de la première talle primaire
12 Seconde talle secondaire de la première talle primaire, etc.

Les talles apparaissent normalement sur deux génératrices (fig. 2). Mais ces génératrices ne sont pas opposées : elles forment un angle non plat (fig. 1, talles 1 à 5 par rapport à la talle principale ; talles 11 à 13 par rapport à la talle 1 ; remarquer en outre que la talle principale est à l'intérieur de l'angle des talles 11 à 13, etc.). Ceci est illustré par les figures 3 et 4 (vues de jeunes touffes avant et après dissection des plus anciennes talles primaires).

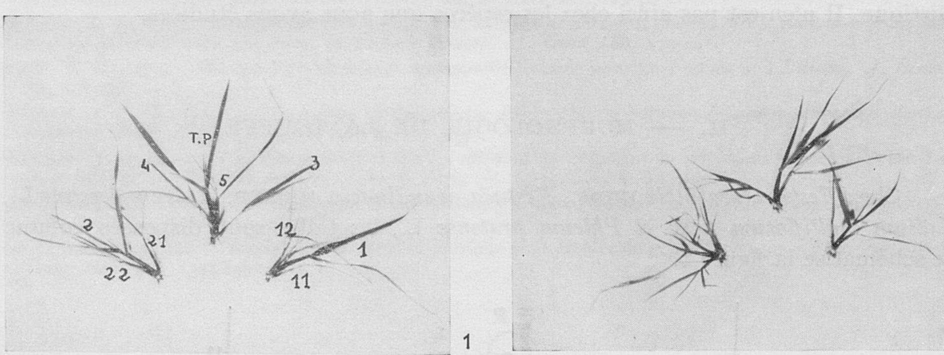


1 2

Fig. 3. — *Deux jeunes plantes de Fétuque des prés, vues du dessus.*

La photo 1 indique l'ordre des talles :
T. P : talle principale
1 : première talle primaire
2 : Seconde talle primaire, etc.
11 : Première talle secondaire de la première talle primaire
12 : Seconde talle secondaire de la première talle primaire, etc.

On voit que les talles primaires ne sont pas symétriques par rapport à la talle principale, mais déjetées vers le bas de la photo.



1 2

Fig. 4. — *Les mêmes plantes que sur la figure 2, mais après séparation des deux premières talles primaires, qui ont conservé leurs talles-filles.*

Les photos 1 et 2 de la figure 3 correspondent respectivement aux photos 1 et 2 de la figure 4 ; voir figure 3 pour la légende de la photo 1.

Fig. 2. — 1) *Base d'une talle de Fétuque des prés après arrachage de trois talles-filles, montrant que les cicatrices sont disposées le long d'une génératrice (les racines ont été enlevées).*
2) *La même photo où on a délimité les cicatrices par un trait noir. A-B : plan dans lequel aurait été effectuée une coupe telle qu'elle est schématisée figure 4.*

Fig. 5. — 1) *Base d'une talle de Dactyle après arrachage de trois talles-filles,*
2) *La même photo où on a délimité les cicatrices par un trait noir.*
On voit que la cicatrice du haut est nettement décalée vers la gauche par rapport aux autres.

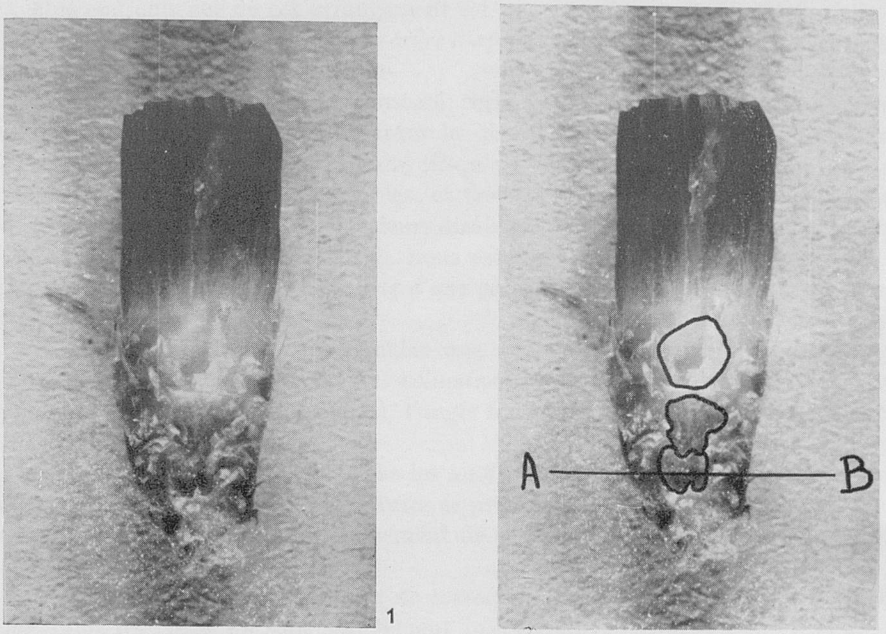


FIG. 2.

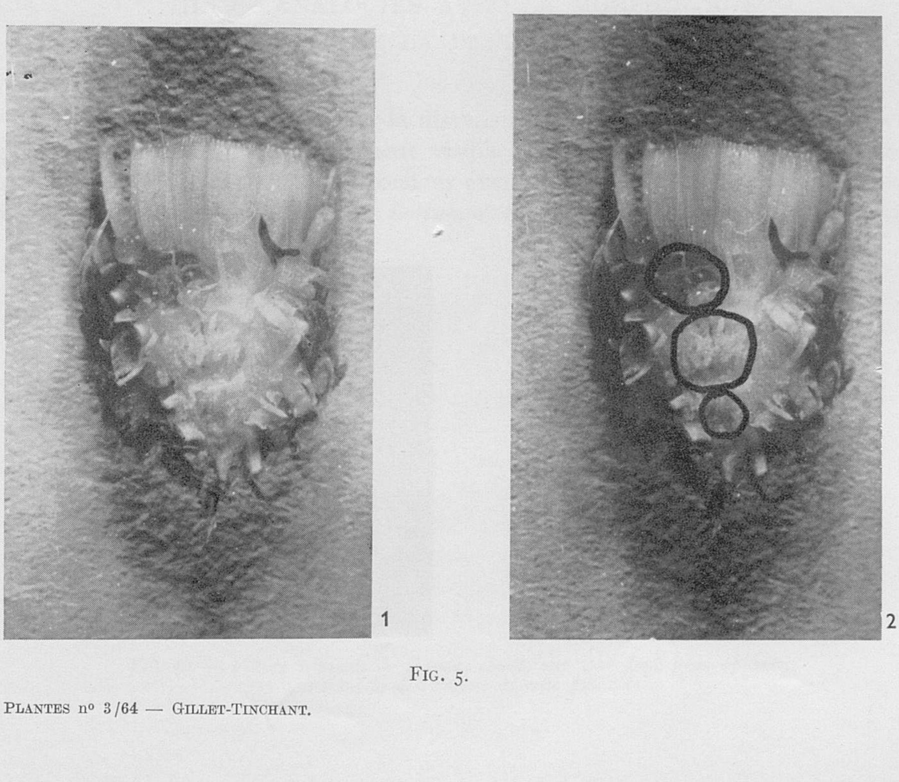


FIG. 5.

Une conséquence de cet arrangement est que l'*emplacement d'une talle dans une grosse touffe ne renseigne pas sur son ordre d'apparition*, les talles de tous âges et tous ordres étant étroitement imbriquées.

Nous avons régulièrement constaté cette disposition chez *Festuca pratensis* HUDS. à l'occasion d'études nécessitant la dissection, toutes les deux semaines en moyenne, depuis le semis en fin d'été jusqu'en juin, de 10 à 30 plantes. Les dates et densités de semis étaient variables, et trois variétés différentes étaient utilisées. Nous l'avons ensuite vérifié sur plusieurs dizaines de plantes des autres espèces citées.

Le cas de *Dactylis glomerata* L. nous est apparu différent : fréquemment, *les talles n'apparaissent même pas le long d'une génératrice* (fig. 5), cas très rare chez les autres espèces citées.

Il convient également de signaler une autre exception, chez l'ensemble des espèces, *lorsque la touffe devient très volumineuse* et en particulier vers la fin de la phase de reproduction (*talles épiées*), l'angle formé par les génératrices d'apparition des talles tend à devenir plat.

Signalons enfin le fait que, dans les *touffes volumineuses*, la pression des jeunes talles fait éclater la touffe : des ruptures se produisent dans la zone des ramifications, près du sol, entraînant l'affranchissement de certaines talles accompagnées de leurs talles-filles.

Une grosse touffe de Graminées ne correspond donc pas à une plante mais à un clone, dont les éléments sont simplement juxtaposés.

III. — ANALOGIES AVEC LA MORPHOLOGIE DE LA PANICULE

Il est frappant de rapprocher la dissymétrie du tallage de celle de la panicule, qui est classique et particulièrement visible pendant sa formation, lorsqu'elle n'a pas encore été déformée par des torsions éventuelles du rachis (fig. 6). Cette dissymétrie n'est pas apparente chez les *Lolium* et *Phleum* mais l'absence de ramifications

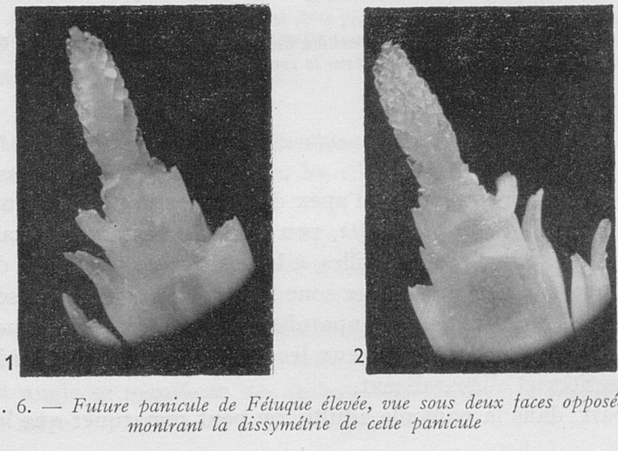


FIG. 6. — *Future panicule de Fétuque élevée, vue sous deux faces opposées, montrant la dissymétrie de cette panicule*

dans un cas, leur proximité du rachis dans l'autre, suffiraient à la rendre inobservable si elle existait, ce qui nous fait penser, pour des raisons d'homogénéité, qu'elle existe en effet.

A première vue, le rapprochement que nous tentons d'établir ne semblerait pas s'appliquer au cas de *Dactylis*, qui possède une panicule dissymétrique mais un tallage apparemment plus désordonné.

Avant de discuter de la valeur de l'analogie entre morphologies de la touffe et de la panicule, il faut remarquer qu'elle ne peut évidemment avoir de sens que si on peut interpréter la panicule comme un ensemble de ramifications de la tige, chacune étant homologue d'une talle, née (au moins potentiellement) à l'aisselle d'une feuille. Tel est l'avis de SHARMAN (1947) et de JEATER (1956) qui interprètent la « Double Ride » qui marque le passage de l'état végétatif à l'état reproducteur, comme une succession feuille-ramification.

Par contre, JONARD, KOLLER et VINCENT (1952), sur le Blé considèrent les deux stries de l'apex comme représentant des nœuds et entre-nœuds, respectivement. Les photos de SHARMAN (1947) plaident en faveur de la première interprétation. D'autre part les Fétuques et Dactyles ayant un passage plus progressif que le Blé entre phases végétative et reproductive, peuvent faciliter l'interprétation des phénomènes observés au début de la formation de la panicule.

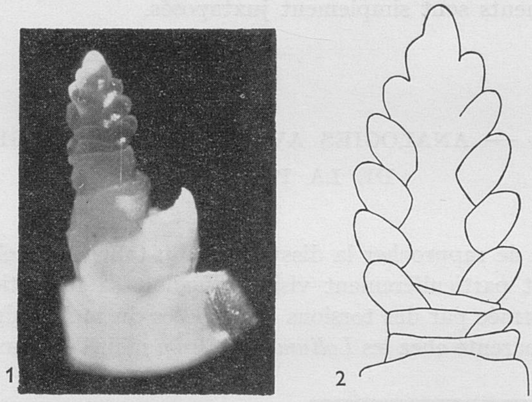


FIG. 7. — *Apex de Graminées, peu après l'apparition des ébauches de ramifications de la panicule, montrant que celles-ci naissent à l'aisselle de feuilles, dans la zone intermédiaire*

1 : photo d'apex de Fétuque des prés.
2 : dessin d'apex de Dactyle.

La figure 7 montre une photo d'apex de *Festuca pratensis* et un dessin réalisé d'après un apex de *Dactylis glomerata*, peu après le passage à l'état reproducteur. Entre les zones de production de feuilles, à la base, et de primordia de ramifications de la panicule, au sommet, existe une zone intermédiaire, On y observe que c'est à l'aisselle des dernières feuilles qu'apparaissent les premiers primordia : ceux-ci, de plus en plus gros, écrasent entre eux les ébauches de feuilles qui deviennent de plus en plus petites et disparaissent.

D'autre part, dans la panicule adulte, on peut remarquer que les ramifications

s'insèrent sur les mêmes génératrices que les feuilles, *en continuant l'alternance de celles-ci,* (fig. 8) ; (l'observation est souvent rendue difficile par des torsions du rachis).

Enfin il nous est arrivé de trouver une panicule de *Festuca arundinacea* dont la première ramification s'insérait exactement à l'aisselle de la dernière feuille, et, dans ce cas, bien entendu, du même côté (fig. 9).



FIG. 8 FIG. 9

FIG. 8. — *Schéma montrant le sommet d'une tige de Fétuque épiée, où le rachis n'a pas subi de torsion : la première ramification de la panicule part, ici, à gauche, c'est-à-dire à l'opposé de la dernière feuille (à droite), respectant ainsi l'alternance distique.*

FIG. 9. — *Schéma du sommet de la tige et de la base de la panicule d'une Fétuque élevée dont la première ramification de la panicule s'insère à l'aisselle de la dernière feuille, et bien entendu du même côté. La ramification suivante continue l'alternance distique.*
La dernière feuille est coupée longitudinalement.

Pour toutes ces raisons, nous pensons, comme les auteurs anglo-saxons, que les ramifications de la panicule (ou les épillets de l'épi) sont homologues de talles.

IV. — DISCUSSION

Éliminons d'abord l'hypothèse selon laquelle l'angle non plat formé par les talles serait dû à une simple torsion de celles-ci après leur apparition : la figure 10 montre que cet angle se manifeste dès la base de la talle à l'intérieur même de la tige de la talle-mère.

On est amené à accorder une grande importance à l'analogie tallage-panicule, renforcée par le fait signalé par GALLAIS (1963), que les ébauches foliaires elles-mêmes ne sont pas initiées dans le plan de symétrie qui deviendra le leur, mais selon deux génératrices formant un angle non plat. Il y a certainement dans cet ensemble de faits, une caractéristique fondamentale des Graminées.

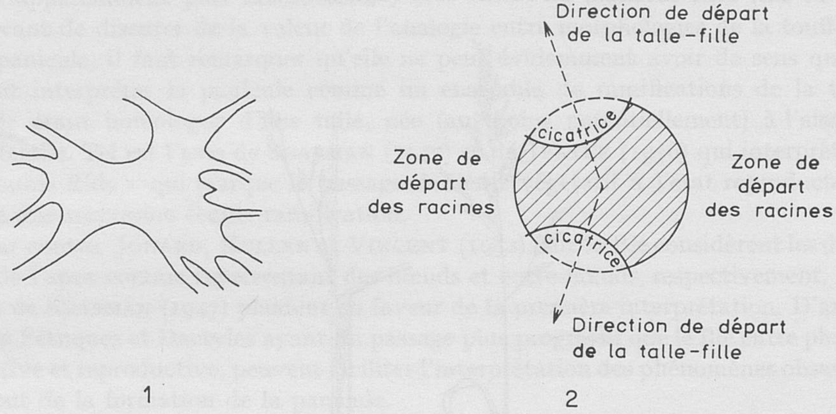


FIG. 10. — *Schéma de la coupe transversale d'une base de tige de Fétuque (plan A-B de la figure 1).*
1 : d'après un exemple réel ;
2 : schéma explicatif : la talle (supposée ici cylindrique) est entamée par les cicatrices de deux talles-filles partant dans des directions non opposées.
Le départ des racines se fait naturellement en dehors de ces cicatrices.

Néanmoins, les exceptions déjà signalées (Dactyle, talles épiées) font penser que la disposition des talles pourrait être également sous la dépendance de phénomènes plus externes, par exemple le géotropisme : ainsi, chez les Fétuques, les talles primaires, apparaissant toutes du même côté, et se dirigeant vers le haut, obligeraient la talle principale à se déjeter de côté (fig. 3). Chez le Dactyle, une rigidité due à la préfoliaison pliée pourrait s'y opposer, perturbant la direction des talles suivantes.

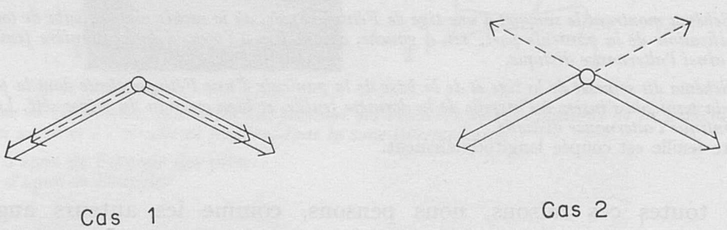


FIG. 11. — *Les deux relations possibles* a priori *entre la dissymétrie du tallage et celle de la panicule*
○ : Axe de la plante.
══➤ : Direction de départ d'une talle.
-----➤ : Direction de départ d'une ramification de la panicule.

On peut même imaginer alors, qu'une position oblique d'une talle rigide puisse entraîner dans certains cas l'apparition de ses talles-filles selon un angle, soit plat, soit même inverse.

Il est possible de se faire une idée de l'influence de tels facteurs externes en remarquant que l'angle formé par les talles, et celui de la panicule, peuvent à priori

être, soit le même, soit opposés (cas 1 et 2, respectivement, fig. 11). La détection n'est pas facile, car elle doit porter sur des plantes présentant des panicules, donc montées ; ces plantes, nous l'avons vu, ont souvent un tallage à 180°, et de plus, présentent fréquemment des torsions du rachis. Néanmoins, l'observation soignée de quelques dizaines de talles de *Festuca pratensis* nous a permis de constater l'existence de « cas 2 » (fig. 11) très nets avec une fréquence non négligeable.

On peut donc penser que les ramifications des Graminées forment, par suite d'un mécanisme fondamental, un angle non plat entre elles, qu'il s'agisse des talles ou de la panicule, mais que la manifestation en est, en ce qui concerne les talles, influencée par des facteurs externes, par exemple certains tropismes.

Reçu pour publication en mars 1964.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GALLAIS A., 1963. Contribution à l'étude du développement des Graminées fourragères. *Diplôme d'Études supérieures de Sciences naturelles*, 95 pp.

JEATER R. S. L., 1956. A method for determining developmental stages in grasses. *J. of the Brit. Grassland Soc.*, **11**, 139-46.

JONARD P., KOLLER J., VINCENT A., 1952. Évolution de la tige et de l'épi chez la variété de Blé *V. 27* au cours de la période de reproduction. *Ann. Amélior. Plantes.*, **2**, 31-54.

SHARMAN B. C., 1947. The biology and developmental morphology of the shoot apex in the Gramineae. *New Phytologist*, **46**, 20-34.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (3), 317-318.

NOTE SUR LA TÉTRAPLOIDIE DE QUELQUES POPULATIONS DE *FESTUCA ARUNDINACEA* SCHREB

J. JADAS-HÉCART et M. GILLET

Station d'Amélioration des Plantes fourragères, Lusignan (Vienne)

Les Fétuques élevées sont considérées par tous les auteurs comme généralement hexaploïdes ($6\ n = 42$).

Des nombres chromosomiques différents ($4\ n$ à $10\ n$) ont été signalés à titre d'exceptions, sans référence à une réparition géographique par écotypes.

Or l'observation de certains écotypes de Fétuques élevées, d'origine alpine et tunisienne dont le plus connu en France est *Grombalia*, fait ressortir certains traits qui les distinguent des autres, principalement :

— Des traits morphologiques :

Feuillage plus vert ;

Feuilles et talles plus fines ;

Graines plus petites (de l'ordre de 1,1 g à 1,6 g au lieu de 1,9 à 2,7 g) et à spicules plus nombreuses.

— Le rythme de végétation pour les origines tunisiennes :

Croissance principalement hivernale (mais grande sensibilité au froid) avec repos estival.

— Une résistance en général meilleure aux Rouilles.

Cela nous amena à penser que leur nombre chromosomique pouvait être différent de 42.

Ces écotypes nous avaient été fournis par M. KERGUELEN, du laboratoire de Recherches sur les Plantes fourragères de Rouen, LONG, directeur du Centre d'Écologie et de Phytosociologie expérimentale de Montpellier, et THIAULT, alors expert de la F. A. O en Tunisie.

Dans l'état actuel de la systématique, ils appartiennent indiscutablement à l'espèce *Festuca arundinacea*, et non *Festuca pratensis*, dont même les formes tétraploïdes, d'aspect d'ailleurs très différent de celles dont il est question ici, n'ont ni oreillettes ciliées, ni spicules sur graines, ni glumelle inférieure longue et aiguë, ni nervures très saillantes, ni touffes stolonifères.

En 1963 des comptages chromosomiques sur racines furent effectués pour six

de ces écotypes, dont *Grombalia*. Ils montrèrent que ces *Fétuques sont tétraploïdes* (4 n = 28), ceci étant vrai pour tout l'ensemble de leurs individus.

Certaines conséquences sont prévisibles quant à leur utilisation en sélection, en particulier pour les origines tunisiennes : en effet, leur croissance hivernale suscite un vif intérêt au point de vue agricole. Elles peuvent être utilisées pour deux objectifs :

— U*n travail de sélection* à partir de ces seules populations pour la création de variétés adaptées aux régions à hiver tiède : Midi méditerranéen, zones à climat maritime doux.

— *L'amélioration par croisements de la croissance hivernale des Fétuques élevées européennes* tout en conservant les avantages de celles-ci, en particulier la résistance au froid.

Mais pour ce dernier objectif, les Fétuques d'origine tunisienne par leur nombre chromosomique différent, introduisent certaines des difficultés que l'on retrouve dans les croisements interspécifiques : stérilité et instabilité des hybrides, faiblesse numérique du matériel obtenu etc.

On ne peut donc guère espérer l'apparition, dans un délai raisonnable, de variétés à forte production hivernale et résistantes au froid, que par croisement avec des Fétuques élevées méditerranéennes hexaploïdes, et par conséquent, probablement non tunisiennes.

Reçu pour publication en avril 1964.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

COSTE H., 1937. *Flore dr la France*, **3**, p. 635.

CROWDER L. V., 1953. A simple method for distinguishing tall and meadow fescue. *Agron. J.* **45**, 9, 453-454.

CROWDER L. V., 1956. Morphological and cytological studies in tall fescue (*Festuca arundinaсеа* SCHRED.) and meadow fescue (*Festuca elatior* L.). *Bot. Gaz.* **117**, 214-223.

GILLET M. Un nouveau caractère de distinction spécifique sur graines entre *Festuca pratensis* HUDS. et *Festuca arundinacea* SCHREB. *Ann. Amelior Plantes*, sous presse.

HACKEL E., 1882. *Monographia Festucarum europaearum*.

LEVITSKY et KUZMINA, 1927. Karyological investigation in the systematics and phylogenetics of the genus *Festuca*. *Bull. appl. Bot. Genet. Plant Breeding* **17**, 3-36.

LITARDIÈRE R. de, 1923. Contribution à l'étude des *Festuca* du nord de la France et de Belgique. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg*, **55**, 2ᵉ ser, t. V.

MYERS et HILL, 1947. Distribution and nature of polyploïdy in *Festuca elatior* L. *Bull. Toney Bot. Club*, **74**, 2, 99-111.

STAHLIN A., 1929. Morphologische und cytologische Untersuchungen an Gramineen. *Pflanzenbau*, **1**, 330-98.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (3), 319-326.

INFORMATION

DEUXIÈME SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA GÉNÉTIQUE DU BLÉ

(LUND, 19-24 AOUT 1963)

COMPTE RENDU

Yvonne CAUDERON

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches agronomiques du Massif Central,
Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)

Ce symposium s'est tenu à l'Université de Lünd sous la présidence du Pr B. C. JENKINS (Canada).

Il y avait plus de deux cents participants, venus de quarante-cinq contrées différentes, les délégations les plus importantes étant celles des États-Unis (25 participants), de la Suède (25), de l'Allemagne (12), de la Grande-Bretagne (11) et du Canada (11). Trois délégués, tous de l'INRA, représentaient la France. Le groupe qui anime les « symposium » sur la Génétique du Blé est très « orienté » à tous points de vue.

Des spécialistes de différentes disciplines avaient été invités à exposer les récents résultats de leurs recherches en matière de génétique du Blé. Outre les prises de contact personnelles, les quarante communications présentées ont constitué l'essentiel de ce Congrès ; celles-ci n'avaient d'ailleurs pas été limitées à des problèmes directement en relation avec l'amélioration du Blé. Quelques visites rapides d'établissements de sélection (Weibull, Svalöf) et de fermes chargées de la multiplication des semences et quelques présentations de films et de matériel, avaient de plus été prévues.

Les communications avaient été réparties en huit sections traitant chacune d'un problème par ticulier :

1) Qualité des Blés en relation avec la valeur boulangère.
2) Méthodes de sélection.
3) Résistance aux maladies.
4) Taxinomie et phylogénie.
5) Amphidiploïdes et addition au Blé de caractères issus de genres voisins.
6) Les aneuploïdes dans les études de génétique.
7) Structure cytogénétique du Blé.
8) Divers.

Les études les plus nombreuses concernent l'hérédité et la physiologie de la résistance aux maladies et l'introduction chez le Blé de gènes de résistance venus de genres voisins. Les méthodes d'analyse les plus courantes impliquent l'utilisation des monosomiques.

Parmi les résultats nouveaux, signalons :

a) l'obtention de Blés mâle-stériles (déterminisme cytoplasmique) et la découverte de gènes capables de rétablir la fertilité.

b) l'utilisation du monosomique 5 B ou d'*Aegilops speltoïdes* pour introduire des gènes venus d'espèces voisines dans le complément normal du Blé.

c) la création de lignées d'addition, de substitution et de translocation à partir d'hybrides intergénériques et leur utilisation pour incorporer au Blé des gènes issus d'espèces voisines : pour le moment il s'agit essentiellement de gènes de résistance aux maladies.

On doit souligner les progrès accomplis en ce qui concerne la connaissance du genre *Triticum*, dans ses relations avec les genres voisins, au sein du genre, et au sein de l'espèce *Triticum aestivum*. La carte chromosomique du Blé sera bientôt aussi complète que celle des espèces les mieux étudiées jusqu'à maintenant, grâce à l'utilisation des monosomiques.

L'ensemble des communications sera publié prochainement dans un numéro spécial d'« *Hereditas* »

RÉSUMÉ DES COMMUNICATIONS PRÉSENTÉES

SECTION I. — *Qualité des Blés en relation avec la valeur boulangère.*

Trois exposés ont été présentés traitant respectivement :

1) *De la qualité des Blés en relation avec les liaisons chimiques*

F. J. R. HIRD (Australie) souligne la structure des diverses protéines constituant le gluten. Celles-ci peuvent être associées par différents types de liaisons chimiques dont la nature et les modifications varient en fonction des modalités des opérations de panification et peuvent avoir une répercussion sur la valeur boulangère. De nombreuses photographies d'appareils destinés à des micro-tests de laboratoire ont été présentées.

2) *Des propriétés électrophorétiques et physiques des protéines*

O. HALL et R. OLERED (Suède) montrent que la proportion des différentes protéines du gluten n'est pas seule responsable de la qualité des farines : les propriétés physiques de certaines d'entre elles, différenciées, entre autres, par l'électrophorèse, joueraient un rôle important.

3) *Du mode de transmission de la qualité du gluten*

E. A. FAVRET et A. AVILA (République Argentine) montrent que la manière dont se transmettent les diverses qualités du gluten varie en fonction des géniteurs employés. Cependant, d'après l'analyse de nombreuses descendances, le mode de transmission serait en général assez simple et les facteurs de qualité se fixeraient assez rapidement.

SECTION II. — *Méthodes de sélection*, quatre exposés.

1) *Les mutation induites par les agents physiques* (Rayons X) *ou chimiques* (méthane-sulfonate d'éthyle) *dans l'amélioration du Blé*

La plupart des mutants « utiles » obtenus dans les deux types de traitement par C. F. KONZAK (États-Unis), et accusant une augmentation de rendement par rapport aux témoins (*Omar*, *Burt*, différents types de *T. sphaerococcum*), sont des mutants plus courts et plus résistants à la verse que les Blés de départ.

2) *Les mutations induites pour des facteurs quantitatifs*

R. E. SCOSSIROLI (Italie) applique aux plantes cultivées une méthode qu'il a mise au point sur la Drosophile. Il relate un certain nombre d'expériences entreprises dans le but de déterminer les effets des Rayons X sur la variabilité génétique pour des facteurs quantitatifs et d'explorer les possibilités d'utilisation de ces variations en amélioration des plantes. La méthode s'est révélée efficace et des expériences sont actuellement en cours pour déterminer les doses optima, la génération à laquelle la sélection doit être effectuée et le taux d'additivité des variations induites.

3) *La valeur-hybride dans les croisements intervariétaux*

S. Borojevic (Yougoslavie) étudie la valeur-hybride de deux types de croisements intervariétaux : entre variétés dites intensives (de bonne productivité) d'une part, entre variétés extensives et variétés intensives d'autre part. Le but est de voir si l'on peut juger de l'avenir d'un croisement dès la F_1 ou F_2. L'interprétation des résultats est assez complexe et varie en fonction du type de croisement et du type de valeur-hybride étudiés (S. Borojevic fait la distinction entre valeur-hybride génétique et agronomique). Signalons que pour la plupart des croisements F_1 analysés il y a un fort hétérosis. L'hétérosis, exprimé en précocité et hauteur des plantes, correspond généralement à une bonne valeur-hybride pour d'autres caractéristiques quantitatives connectées avec le rendement dans le cas des croisements entre variétés intensives, pas dans l'autre. En général, les croisements montrant une meilleure performance dans les F_1 et F_2 donnent un nombre plus élevé de bonnes lignées dans les générations ultérieures ; de même, les croisements qui se révèlent les meilleurs dans les premières générations donnent davantage de bonnes lignées dans les générations ultérieures.

4) *Stérilité mâle* (*Interactions stérilité-fertilité chez le Blé*)

L'utilisation de Blés hybrides F_1 en tant que variétés commerciales ouvre de nouvelles possibilités : exploitation de l'hétérosis, accumulation immédiate de gènes dominants etc. Elle implique la découverte d'une stérilité-mâle à déterminisme cytoplasmique et de gènes capables de restaurer la fertilité. On a trouvé, au Japon et aux États-Unis, diverses sources de stérilité cytoplasmique ; la plus intéressante semble être celle qui provient de *Triticum timopheevi* : certains Blés tendres, en conversion dans le cytoplasme de *T. timopheevi*, maintiennent la stérilité-mâle. J. W. Schmidt et V. A. Johnson (États-Unis) ont isolé récemment, dans des lignées dérivées de croisements Blé tendre × *Triticum timopheevi*, des lignées ($2\ n = 42$) possédant les gènes capables de restaurer la fertilité. L'étude du déterminisme des interactions stérilité-fertilité et de l'utilisation pratique du matériel est en cours.

Section III. — *Résistance aux maladies.*

Pour toutes ces études concernant le déterminisme de la résistance aux maladies, nous mentionnerons l'utilisation générale des croisements diallèles et des monosomiques dans les analyses génétiques, des lignées d'addition ou de translocation pour introduire des gènes de résistance issus d'espèces voisines chez le Blé. Ce sont les lignées d'addition isolées dans les descendances d'hybrides (*Triticum aestivum* × *Agropyrum elongatum*) qui ont été le plus souvent exploitées.

Le déterminisme de la résistance à ces diverses maladies est généralement assez complexe, mais ne diffère guère d'un parasite à l'autre, tout au moins dans ses grandes lignes.

Six exposés ont été présentés, traitant respectivement :

1) *De l'analyse génétique de la résistance à la Rouille jaune*

R. C. F. Macer (Grande-Bretagne) analyse des F_1, F_2, F_3 de trois lots de croisements diallèles impliquant sept variétés de Blés résistantes à la Rouille jaune, trois sensibles, et une forme de *Triticum spelta*. Sept loci différents (dont deux avec des séries d'allèles multiples) seraient impliqués dans les processus de résistance de ce matériel à la Rouille jaune. L'utilisation des monosomiques a permis de localiser l'un des loci Y_{r_1} sur le chromosome II (2 B) du Blé. Chez une lignée d'addition de (Blé × Seigle), une très forte expression de la résistance (équivalente à celle du parent Seigle) à six races physiologiques de rouille jaune est déterminée par la présence d'un ou plusieurs gènes situés sur le long bras du chromosome II du Seigle : cette résistance se manifeste également dans les lignées de substitution dérivées obtenues pour trois des chromosomes du Blé.

2) *Du mode de transmission de la résistance à la Rouille brune*

Outre l'analyse du mode de transmission de la maladie, relativement simple, R. G. Anderson (Canada) mentionne le développement de lignées isogéniques dans les variétés de Blé *Prélude* et *Thatcher*. Ces lignées portent les gènes de résistance dont il a étudié le déterminisme.

3) *Du mode de transmission de la résistance à la Rouille noire*

D. R. Knott (Canada) utilise, entre autres, les translocations induites par les Rayons X pour introduire, chez certains Blés, des gènes de résistance à la Rouille noire dont il a étudié le comportement. Par exemple, le gène S_{r6} situé sur le chromosome 2 D (génome D) n'existe pas chez les Blés durs. Des recroisements répétés de l'hybride Blé dur × Blé tendre par le Blé dur, lui permettent d'obtenir une lignée d'addition n'ayant conservé que le chromosome 2 D ; par une translocation adéquate il transporte ensuite le segment de chromosome porteur du locus intéressant sur l'un des chromosomes des génomes A ou B. Par la même méthode, des gènes issus d'*Agropyrum elongatum* ont été transférés sur certains chromosomes du Blé.

L'addition ou la duplication de tels loci doit pouvoir renforcer la résistance au parasite.

4) *Des relations entre hôte et agent pathogène dans le cas des Rouilles du Blé*

W. Q. Loegering (États-Unis) pense que les allèles pour la résistance ou la sensibilité de l'hôte pourraient être associés à des allèles pour l'inocuité ou la virulence du parasite pourvu que celui-ci ait une phase sexuée.

5) *De la génétique et de l'exploitation de la résistance à l'Oïdium du Blé*

En ce qui concerne l'Oïdium, A. T. Pugsley (Australie) détermine 30 races physiologiques différentes (dont la plupart sont présentes en Europe) grâce à une série d'hôtes différentiels ; il en étudie le comportement.

6) *Du virus provoquant la Mosaïque du Blé et du déterminisme de la résistance*

E. E. Sebesta (États-Unis) étudie le comportement de la résistance au virus provoquant la Mosaïque du Blé et signale l'existence de variétés de Blés résistantes.

L'addition du chromosome ou de la paire de chromosomes d'*Agropyrum elongatum* judicieusement choisie peut déterminer la résistance aux Rouilles jaune, brune ou noire. A partir d'hybrides impliquant le même *A. elongatum*, E. E. Sebesta isole des lignées d'addition (22_{II} ou 23_{II}) résistantes au virus provoquant la Mosaïque du Blé.

Section iv. — *Taxinomie et phylogénie du genre* Triticum, quatre exposés :

1) *Évolution des génomes dans les genres* Aegilops *et* Triticum

Dans le complexe (*Aegilops-Triticum*) que l'on a tendance à englober aujourd'hui dans un même genre, *Triticum*, les espèces sont fortement apparentées : elles ont en général au moins un génome commun, le ou les autres génomes n'étant que partiellement homologues (génomes modifiés). D. Zohary (Israël) pense qu'il n'y a pas eu évolution indépendante des espèces : outre l'amphidiploïdie, l'hybridation au niveau tétraploïde a certainement joué un rôle décisif dans la diversification. La plupart des espèces actuellement reconnues seraient le résultat d'hybridations entre un nombre très limité d'amphidiploïdes initiaux ayant au moins un génome commun. La présence de ce génome a facilité les échanges de gènes au niveau polyploïde en créant des liens de parenté entre espèces. Il a ainsi permis l'apparition d'espèces nouvelles issues de la recombinaison des chromosomes des génomes non communs et assuré la diversification.

2) *Analyse génomique du genre* Agropyrum

Y. Cauderon (France) fait un inventaire des travaux ayant été effectués dans le but de déterminer les génomes constituant les nombreuses espèces d'*Agropyrum.* Les méthodes utilisées dans le but de déterminer la structure génomique et les affinités des génomes identifiés avec ceux du Blé y sont de plus évoquées.

3) *Relations phylogénétiques entre* T. timopheevi *et* T. araraticum

De l'étude cytogénétique d'hybrides entre *Triticum timopheevi* et *Triticum araraticum,* E. B. Wagenaar (Canada) dégage le mode évolutif de chacune des deux espèces et les facteurs probables ayant abouti à leur différenciation. Le comportement méiotique des hybrides est normal ; ce serait donc une différenciation génique ou structurale des chromosomes qui déterminerait la stérilité et créerait une barrière d'isolement entre ces deux types de Blé.

4) *Relations phylogénétiques entre les espèces du genre* Triticum

Vues sous l'angle génétique, les diverses classifications proposées pour le genre *Triticum* sont assez contestables puisque la plupart des espèces reconnues comme telles sont interfertiles et ne doivent parfois leur différenciation qu'à l'effet d'un seul gène (exemple, le gène Q de *Triticum spelta*). A l'aide d'hybrides « interspécifiques » impliquant en majorité des Blés tétraploïdes, J. Mac Key (Suède) tente de déterminer la nature et le mode d'action de ces gènes dont les effets sont parfois suffisamment prononcés pour justifier certaines des classifications établies par les taxinomistes.

J. Mac Key résume de plus un texte de M. M. Jakubziner (Russie) sur les aspects modernes de la systématique du Blé.

Section v. — *Amphidiploïdes et addition au Blé de caractères issus de genres voisins,* quatre exposés

1) *Cytogénétique et sélection des Triticale*

Les *Triticale* « bruts » sont rarement utilisables directement : instabilité chromosomique, faible productivité due à la stérilité et à l'échaudage des grains, mauvaise valeur boulangère etc. Après quinze années de sélection, A. Muntzing (Suède) a obtenu un certain nombre de variétés nettement améliorées par rapport aux lignées de départ : ces variétés sont des lignées pures issues de croisements entre *Triticale,* et autofécondées. Elles ont été sélectionnées pour la productivité (la meilleure atteint en essai de rendement 96,1 p. 100 du Blé témoin *Scandia* III B), la résistance à l'échaudage, la teneur en protéines, en gluten et en α-amylase, la stabilité chromosomique etc. Ces lignées, vigoureuses et très résistantes au froid, pourraient être avantageusement mises en culture dans les zones marginales de culture du Blé.

A. Muntzing résume de plus un texte de V. Pissarev (Russie) sur l'étude cytogénétique et l'amélioration des *Triticale.*

2) *Additions et substitutions de chromosomes de Seigle au Blé tendre*

B. C. Jenkins (Canada) expose la méthode qui lui a permis d'obtenir le matériel actuellement à l'étude. Les étapes dans la réalisation de ce programme, commencé en 1950, sont les suivantes :

a) *Création de lignées d'addition :* elles ont été isolées dans les descendances obtenues après deux recroisements consécutifs de l'amphidiploïde (*T. aestivum* var. *Kharkov* M. C. 22 × *Secale cereale* var. *Dakold*) par la variété de Blé. Les sept lignées d'addition possibles (21_{II} Blé + 1_{II} Seigle) ont été obtenues et identifiées soit d'après le phénotype, soit d'après la morphologie du chromosome ajouté.

b) *Création d'une série monosomique* de la variété de Blé *Kharkov* M. C. 22 : elle est issue de la reconversion de la série des monosomiques de *Chinese Spring* et a été obtenue par la méthode des back-crosses (cinq recroisements au moins sont nécessaires pour une reconversion correcte).

c) *Création des lignées de substitution* par croisement des monosomiques avec les lignées d'addition : des plantes à $2n = 42$ (20_{II} de Blé + 1_{II} de Seigle) doivent apparaître en F_2. Le succès d'une telle entreprise est lié, en grande partie, à la découverte de gènes marqueurs permettant d'identifier aisément les lignées substituées. Elle implique presque obligatoirement aussi une étude du mode de transmission du chromosome du Seigle pour chacune des situations possibles. 147 lignées peuvent théoriquement être obtenues ; B. C. Jenkins et ses collaborateurs en ont isolé 23.

Pour le moment, ce travail est purement spéculatif ; le but est d'étudier les modalités de comportement de ces différentes combinaisons. Une meilleure compréhension de ces faits entraînera

une simplification des méthodes de sélection à appliquer à un matériel de ce genre : de nombreux gènes « utiles », notamment des gènes de résistance aux maladies issus d'espèces apparentées au Blé peuvent être introduits dans des variétés commerciales : la difficulté est de les introduire sans affecter les qualités de la variété en question et en particulier le rendement.

3) *Substitutions de chromosomes et de noyaux chez des hybrides Blés* × Aegilops

H. Kihara (Japon) a transféré, par des back-crosses répétés, les noyaux de différents Blés dans le cytoplasme d'*Aegilops caudata*. Le but est de rechercher les effets d'un cytoplasme étranger sur l'extériorisation de divers génotypes. Les effets du cytoplasme d'*Aegilops caudata* sont étudiés en comparant les lignées alloplasmiques (noyau de blé dans cytoplasme d'*Aegilops caudata*) et les lignées autoplasmiques (noyau de Blé dans son propre cytoplasme) obtenues par la même méthode des back-crosses répétés, mais à partir du croisement F_1 réciproque.

Les effets du cytoplasme sur le génotype sont nombreux et varient en fonction du Blé substitué. Nous mentionnerons :

— une action sur le développement (précocité, nombre de talles, p. 100 de matière sèche),

— l'apparition à une fréquence assez élevée d'individus haploïdes dans certaines lignées alloplasmiques,

— l'apparition de formes mâle-stériles (déterminisme cytoplasmique).

4) *Transfert au Blé d'une résistance aux Rouilles issue d'*Agropyrum — *par addition, substitution ou translocation*

A. Wienhues (Allemagne) a isolé, dans les descendances d'un croisement *Triticum aestivum* × *A. intermedium,* des lignées d'addition résistantes à la Rouille brune et à la Rouille jaune. Trois variétés de Blé différentes ont été impliquées dans les recroisements au cours de ce travail de sélection ; ainsi, pour un même chromosome de l'*Agropyrum,* A. Wienhues a obtenu de nombreuses lignées d'addition ($2\,n = 44$, 21_{II} de Blé + 1_{II} d'*Agropyrum*) qui ne diffèrent que par le génotype du Blé. Le chromosome additionnel de l'*Agropyrum* apporte la résistance à la Rouille jaune localisée sur l'un des bras, et la résistance à la Rouille brune localisée sur l'autre bras ; le travail de sélection a été effectué essentiellement pour la résistance à la Rouille brune. La résistance apportée par l'*Agropyrum* s'étend à toutes les races de Rouilles sévissant en Allemagne. A. Wienhues étudie l'influence de ce chromosme sur la productivité : les lignées d'addition accusent en général une baisse de rendement par rapport aux Blés correspondants, mais il y a des différences en fonction du génotype du Blé qui a reçu le chromosome additionnel.

Les lignées ditélocentriques ayant perdu le bras de chromosome portant la résistance à la Rouille jaune, sont, d'une manière générale, plus productives que les lignées normales. Par croisement avec les monosomiques de *Chinese Spring,* quelques lignées de substitution ont été obtenues : la comparaison de ces lignées avec les lignées normales est compliquée du fait de l'utilisation d'une nouvelle variété de Blé, *Chinese Spring,* mais les résultats semblent varier en fonction du chromosome de Blé substitué. La résistance des lignées de substitution est plus stable que celle des lignées d'addition.

A. Wienhues a utilisé également les Rayons X pour obtenir des lignées de translocation : le but est de faire passer le segment de chromosome d'*Agropyrum* porteur de la résistance sur l'un des chromosomes du Blé. Ce travail est compliqué du fait de la localisation des gènes de résistance au voisinage du centromère.

Section vi. — *Les aneuploïdes et la génétique du Blé,* quatre exposés :

1) *Analyse de caractères quantitatifs au moyen des aneuploïdes*

R. I. Larson (Canada) expose la méthode qui lui a permis d'étudier le mode de transmission du caractère « paille pleine » chez le Blé. Ce travail a été entrepris parce que la résistance au Cèphe du Blé est liée à la structure de la paille, les variétés à paille pleine étant les plus résistantes. Le caractère étudié est très fluctuant et varie notamment en fonction du milieu ; R. I. Larson expose la méthode qui lui a permis d'estimer avec précision les modalités d'expression de ce caractère : l'index permettant de chiffrer le caractère « paille pleine » dans un milieu déterminé, est obtenu en totalisant les index (classés de 1 pour paille creuse, à 5 pour paille complètement pleine) calculés pour différentes sections de la tige en sept points différents. Le déterminisme du caractère est surtout étudié à l'aide des monosomiques : monosomiques de *Chinese Spring,* monosomiques issus de reconversions par la méthode des back-crosses (*S. 615* et *Rescue* pour les Blés à paille pleine,

Apex et *Cadet*, pour les Blés à paille creuse). L'analyse des F_2 normales et monosomiques, des lignées de substitution a permis à R. I. LARSON de localiser, sur différents chromosomes du Blé, les très nombreux gènes agissant sur ce caractère, et d'en préciser le mode d'action.

2) *Lignées de substitution chez le Blé*

Par l'intermédiaire des monosomiques, il est possible, dans une variété de Blé donnée, de remplacer une paire de chromosomes par la paire homologue issue d'une autre variété. J. KUSPIRA (Canada) fait l'exposé des méthodes d'obtention de ces lignées de substitution et montre les possibilités de celles-ci dans l'analyse des caractères qualitatifs et quantitatifs.

Les 21 lignées de substitution et les lignées de substitution réciproques sont actuellement développées par J. KUSPIRA pour les variétés *Lemhi* et *Thatcher* à partir des mosonomiques de *Chinese Spring*.

3) *Utilisation des télocentriques pour établir la carte chromosomique du Blé*

Les chromosomes télocentriques que l'on obtient aisément chez le Blé tendre, dans les descendances des monosomiques, par suite de la division transversale du centromère de l'univalent, ne permettent pas seulement la localisation des gènes sur le bras manquant. Ils peuvent servir également à déterminer les distances entre gènes et centromères. E. R. SEARS a développé un certain nombre de cas qu'il a étudiés personnellement : par exemple, le chromosome 6 B porte le gène inhibiteur de barbes B_2. Pour déterminer la distance de B_2 au centromère, un télocentrique portant B_2 est combiné avec un chromosome normal portant b_2. On recroise la plante normale récessive b_2b_2 avec les plantes F_1. Dans les descendances B_2b_2, le télocentrique, servant de marqueur à la méiose, permet de déterminer le p. 100 de recombinaison. Une étude de ce genre implique que le mode de transmission de ce chromosome a été déterminé à l'avance, la compétition pollinique en faveur des gamètes normaux jouant ici comme dans le cas des monosomiques. Le gène *Sr* 11 (résistance à la Rouille noire de la variété *Timstein*), et le gène K*i* (déterminant la léthalité du pollen) portés par le même chromosme, le gène *v* (virescent de Neatby)... ont été étudiés de la même manière.

4) *Les aneuploïdes chez le Blé dur*

Chez les Blés tétraploïdes, les monosomiques ou nullisomiques apparaissent à une fréquence extrêmement faible et sont généralement peu ou pas viables. N. NORONHA WAGNER et T. MELLO SAMPAYO, travaillant avec *Triticum durum* (génomes A B), ont isolé les monosomiques et nullisomiques pour quelques uns des chromosomes en tenant compte du fait qu'on pouvait compenser la déficience d'un chromosome appartenant à l'un des génomes par une duplication de l'homœologue apporté par l'autre génome.

Des nullitétrasomiques et des monotrisomiques dont le comportement méiotique est aberrant par rapport à ce qu'on pouvait attendre ont ainsi été isolés.

SECTION VII. — *Structure cytogénétique du Blé*, quatre exposés.

1) *La régulation du comportement chromosomique chez le Blé et chez les genres voisins apparentés*

Le Blé tendre *T. aestivum* est une espèce hexaploïde issue d'un croisement impliquant trois espèces diploïdes simples. L'on a aujourd'hui suffisamment de preuves pour affirmer que les espèces élémentaires sont *T. monococcum* (génome A), *Aegilops speltoïdes* (génome B) et *Aegilops squarrosa* (génome D). E. R. SEARS avait établi une homœologie génétique entre ces différents génomes. En dépit de sa nature « autopolyploïde », le Blé se comporterait comme un diploïde, grâce à la présence d'un système génétique signalé pour la première fois par OKAMOTO en 1957 et situé sur le chromosome 5 B. Ce fait est d'importance autant pour la sélection que pour la compréhension des processus évolutifs ayant contribué à la différenciation et au maintien des espèces. R. RILEY (Grande-Bretagne), à l'aide d'analyses cytologiques d'hybrides impliquant *T. aestivum* (avec ou sans chromosome 5 B) et diverses espèces apparentées (*Secale* ou *Aegilops*), tente de retrouver l'origine du système et d'en étudier le déterminisme. Un seul gène, actif même à l'état hémizygote et situé sur le long bras du chromosome 5 B, est responsable de cette action. *Aegilops speltoïdes* et peut-être également *Aegilops mutica*, posséderaient des systèmes susceptibles de contrebalancer l'effet de ce gène de diploïdisation, mais aucune espèce voisine ne semble le posséder. Sa mise en place résulterait donc d'un changement de fonction consécutif à l'inclusion du chromosome 5 B chez le Blé. L'action

du gène de diploïdisation s'étend aux espèces voisines, d'où la possibilité d'utiliser cette propriété pour introduire par « recombinaison », chez le Blé, des gènes provenant d'espèces étrangères. Certains gènes d'effets majeurs (chromosome 3 B) ou mineurs (chromosomes 3 A et 3 D) et contrôlant la formation des chiasmas, pourraient, de plus, dans une certaine mesure, contrebalancer l'effet du gène porté par le chromosome 5 B.

2) *Étude sur les effets du chromosome 5 B chez le Blé*

M. Okamoto (Japon) se propose de retrouver l'origine et la nature du système génétique de régulation méiotique qu'il a mis en évidence. Il analyse une série de mutants induits dans des F_1 (*Chinese Spring* × *Seigle Impérial*) et sélectionne des individus chez lesquels l'activité du chromosome 5 B est altérée. Ceci lui permet de plaider en faveur de l'origine du système par mutation « asynaptique » plutôt que par déficience de gènes de « synapsis ».

Pour des raisons qui ont déjà été évoquées, M. Okamoto souligne l'intérêt qu'il y aurait à stabiliser de tels mutants et à les utiliser dans la pratique.

3) *Analyse, à l'aide de mutations, du complexe hexaploïde « Blé »*

Avec une méthode différente, les objectifs poursuivis par M. S. Swaminathan (Indes) sont comparables à ceux de J. Mac Key.

A l'aide de mutants induits chez les Blés hexaploïdes, M. S. Swaminathan analyse le mode d'action et la nature des gènes ayant permis la différenciation au sein de ce groupe et tente d'en réviser le statut spécifique.

4) *Nécrose et chlorose rouge liées à l'hybridation chez le Blé*

Plus de 500 types de Blés, y compris des Blés tétraploïdes, ont été étudiés par J. G. T. Hermsen (Hollande). L'analyse génétique des différentes combinaisons possibles révèle la présence de deux loci complémentaires. Les variations observées dans l'expression de ce caractère seraient dues à l'existence de séries alléliques pour chacun de ces deux loci. J. G. T. Hermsen souligne les conséquences pratiques d'un tel déterminisme.

Section viii. — *Présentation de courtes communications sur des sujets divers.*

Onze communications ont été présentées parmi lesquelles nous mentionnerons celles des chercheurs russes. (A. S. Kruzsilin, A. T. Trukhinova, V. Resmelo, A. K. Fedorov) et hongrois (S. Rajki). Ceux-ci ont exposé les problèmes concernant la transformation de Blés d'hiver en Blés de printemps et vice-versa.

P. Raicu (Roumanie) a développé un exemple de fécondation pluripaternelle chez le Blé.

D. U. Gerstel (États-Unis) clôt ce Congrès en comparant les résultats obtenus chez deux autres espèces polyploïdes cultivées également bien étudiées : le Tabac et le Coton. Peut-on généraliser les résultats obtenus chez les Blés et conclure que l'évolution chez les plantes polyploïdes se produit selon le même schéma ? Pour le moment, aucun mécanisme de régulation méiotique tel que celui qui a été découvert chez le Blé n'a pu être mis en évidence chez le Tabac et chez le Coton.

En conclusion, une impression se dégage pour qui a suivi l'ensemble de ces conférences : c'est l'immense progrès accompli depuis le précédent Congrès en ce qui concerne la génétique du Blé. Ce progrès a pu être réalisé pour la grande partie grâce à l'usage des monosomiques développés et largement diffusés par D. R. Sears. Ainsi, de nombreux gènes ont été localisés sur les différents chromosomes du Blé, et ce, en dépit de sa structure polyploïde et de son nombre de chromosomes élevé. Comme on pouvait s'y attendre avec un tel matériel, le déterminisme de la plupart des caractères étudiés est complexe. La majorité des études entreprises l'ont été directement en rapport avec des problèmes de sélection, par exemple, la résistance aux Rouilles, et il est incontestable qu'une meilleure connaissance de ces faits orientera et simplifiera les travaux d'amélioration du Blé. Un point important à signaler également est la mise au point de méthodes permettant l'utilisation de plus en plus généralisée de gènes issus d'espèces voisines. Pour le moment, ce sont les hybrides (*Triticum* × *Agropyrum*) issus de croisements réalisés il y a quelque trente ans qui semblent les plus prometteurs. Les techniques cytologiques indispensables à l'utilisation de telles méthodes sont actuellement bien au point ; cependant, celles-ci exigent des manipulations délicates portant sur de gros effectifs de plantes.

Reçu pour publication en mars 1964.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs,* précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de ... ; — *le nom de l'établissement* dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :
a) *sommaire :* résumé suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction,* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé,* en donnant sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats,* à présenter de la manière la plus brève possible ; c) *discussion et conclusion ;* f) *résumé* destiné à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour la collaboration, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques.*

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très *complet* placé en tête de l'article. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, (1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de : et *al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses, de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la World-List of Scientiffc Periodicals, sur le Bulletin Signalétique du C. N. R. S. ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sauf abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapître cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in » le titre de l'ouvrage.

La mention « communications personnelles » ou « données non publiées », etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d' « Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une feuille séparée, et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés *à l'état de projets,* leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* × 0,5, *soit* × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des Annales est : 19 × 12,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparées et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront deux épreuves à corriger. Les corrections « d'auteur » ne sont autorisées que sur le premier jeu d'épreuves.

Envoi du manuscrit : M. CHAMINADE, Centre national de Recherches agronomiques, Versailles (Seine-et-Oise) France. On demande deux exemplaires.

Le Directeur-Gérant : M. L. Cagnac

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 11-1964.

Dépôt légal : 4e trimestre 1964. N° d'impression : 695.

ANNALES
DE
L'AMÉLIORATION
DES
PLANTES

VOLUME 14 1964 NUMÉRO 4

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle - PARIS-7e

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs et de l'Institut national de la Recherche agronomique à l'exception des sommaires et résumés

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (4), 333-351

SUR QUELQUES CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES DES ESPÈCES ET VARIÉTÉS DE GRAMINÉES FOURRAGÈRES

L. HÉDIN et Évelyne DUVAL

Laboratoire de Recherches sur les Plantes fourragères, Rouen (Seine-Maritime)

SOMMAIRE

La reconnaissance des diverses espèces et « variétés » se fonde sur des caractères morphologiques et physiologiques. Mais il est légitime de penser qu'à ces caractères correspondent des différences biochimiques. Même si ces dernières comportent une certaine marge de variations, on peut examiner, dans des conditions de milieu donné et à des moments bien déterminés du développement, si la composition chimique permet de différencier ces espèces et « variétés ».

C'est ce que nous avons cherché à réaliser pour quelques Graminées prairiales en analysant leur teneur en matières azotées totales, en glucides solubles, en constituants membranaires (cellulose brute et cellulose « vraie », hémicelluloses, lignine), en SiO_2 et en Na.

INTRODUCTION

La composition chimique des espèces de Graminées fourragères utilisées dans nos prairies temporaires a donné lieu à de nombreuses recherches tant en France qu'à l'étranger. Il semble que l'accumulation des données analytiques s'explique en partie par l'existence d'un plus grand nombre de laboratoires intéressés au problème fourrager mais aussi par la mise en œuvre de méthodes de dosages sensiblement plus rapides (emploi de la complexométrie, de la néphélométrie, de la spectrophotométrie, etc.).

Les déterminations sont généralement réalisées sur l'ensemble du végétal qui comprend tiges et feuilles et actuellement on se préoccupe avec raison de noter pour chaque échantillon prélevé son cycle et son stade de développement. Une telle précision n'est pas si facile à obtenir. Ainsi G. ap. GRIFFITH (1962) d'Aberystwyth étudiant les différences variétales de quelques plantes prairiales, insiste sur ce fait que la composition chimique varie au cours d'un même cycle et que la teneur en tel

ou tel élément est tantôt plus élevée, tantôt plus faible dans telle espèce que dans telle autre. La comparaison des espèces et « variétés » est ainsi rendue plus difficile ; elle nécessite des prélèvements échelonnés dans le temps qui permettent de suivre la physiologie propre à chacune d'elles.

Dans cette analyse globale, nous savons bien qu'il existe des différences sensibles dans la composition chimique des feuilles et celle des tiges qui n'ont ni la même morphologie ni la même physiologie.

C'est dans le but de faire disparaître l'incidence du rapport $\frac{\text{Feuilles}}{\text{Tiges}}$ sur la composition chimique de nos fourrages que nous nous sommes servis dans une partie de ce travail de l'analyse des feuilles séparées des tiges. Comme nous avons pu observer une évolution de cette constitution au cours de divers prélèvements et pour éliminer les fluctuations entre les maxima et les minima, nous nous sommes bornés à donner les moyennes ainsi que les marges d'amplitude des variations observées au cours d'un même cycle.

Dans le travail qui va suivre, nous nous sommes efforcés de dégager quelques caractéristiques chimiques d'espèces et de « variétés » de Graminées prairiales, en précisant à chaque fois de quelle façon nos résultats ont été acquis.

II. — MATÉRIEL ET TECHNIQUES

1. — *Techniques analytiques*

Les méthodes utilisées dans le présent travail sont classiques pour l'analyse fourragère. Nous en rappellerons très brièvement les techniques.

— *Matières azotées.*

L'azote total est déterminé sur une prise de matière sèche minéralisée par attaque Kjeldahl. L'ammoniac produit est ensuite déplacé, entraîné à la vapeur et titré. Les matières azotées totales sont obtenues en multipliant l'azote total par 6,25.

L'azote protéique se dose de la même façon sur le résidu provenant de l'extraction de l'azote soluble par l'alcool à 50° à chaud.

Cellulose brute.

On emploie la méthode de Weende qui consiste à attaquer successivement le fourrage par une solution d'acide sulfurique à 1,25 p. 100 puis par de la soude à la même concentration.

Insoluble formique.

Dans la technique suivie par CHARLEY-LÉRY et *al.* (1952) l'insoluble formique est le résultat d'une hydrolyse par $SO_4\,H_2 2N$ et d'une attaque du résidu par l'acide formique à 80 p. 100. Notre détermination consiste uniquement en une attaque du fourrage à l'acide formique à 85 p. 100.

Constituants glucidiques.

Les estimations des glucides solubles, hémicelluloses, cellulose vraie et lignine sont effectuées suivant les techniques préconisées par JARRIGE (1961).

— Les glucides solubles dans l'eau comprennent l'ensemble des sucres réducteurs, du saccharose et des fructosanes. Ils sont dosés après hydrolyse par la méthode iodométrique de Somogyi.

— Le résidu de l'extraction aqueuse, dégraissé, est attaqué par de l'acide sulfurique normal. Les hémicelluloses sont hydrolysées et leur pouvoir réducteur est déterminé de la même façon que pour les sucres solubles.

— Il reste alors la ligno-cellulose que l'on traite à l'acide sulfurique à 72 p. 100 afin de solubiliser la cellulose (dosée par le pouvoir réducteur de l'hydrolysat). Le résidu final est constitué principalement par de la lignine.

Matières minérales.

SiO_2 : après attaque nitrique d'un échantillon de fourrage on isole par filtration une fraction iisoluble constituée de silice.

Na : le filtrat contient entre autres éléments le sodium que l'on détermine au spectrophotomètre de flamme par comparaison avec une gamme étalon.

2. — *Matériel utilisé*

Il s'agit d'une part des espèces prairiales cultivées à notre terrain d'expérimentation d'Isneauville, d'autre part de quelques échantillons de ray-grass et fétuques cultivés à la Minière. Les ray-grass *Primevère*, *Vroghooitype*, Type foin *C. B.* et Pâture *Barenza* ont été coupés à 8 stades du 22-3 au 16-5 1961 pendant leur premier cycle et 8 fois du 21-4 au 8-6 au cours du cycle suivant. De même les fétuques des prés *Melle* et élevée *S 170* ont eu des coupes échelonnées respectivement du 14-4 au 24-5 et du 5-4 au 12-5 pour le premier cycle et pour le cycle suivant du 29-5 au 6-7 et du 2-5 au 1-6.

III. — RÉSULTATS

L'expérimentation fourragère d'Isneauville nous a conduit à regrouper un nombre important d'analyses dont nous avons donné un aperçu récemment dans la revue *Fourrages* (HÉDIN et *al.*, 1963). Nous avons utilisé un certain nombre de ces dosages au cours de la présente étude. D'autre part, l'analyse des échantillons de la Minière nous a fourni un millier de résultats.

1. — *Matière azotée totale*

D'une façon générale, le taux de matière azotée totale p. 100 matière sèche diminue avec l'âge de la plante pour nos Graminées prairiales. Cette diminution est due d'une part à l'abaissement du rapport $\frac{\text{feuilles}}{\text{tiges}}$, les feuilles étant plus riches que les tiges, d'autre part à une teneur moindre des feuilles et des tiges âgées.

Le tableau 1 rend compte de ce fait pour un ray-grass anglais *Primevère* coupé 8 fois toutes les semaines au cours de son premier cycle.

TABLEAU 1

Nº des coupes	Mat. azot. tot. % mat. sèche	
	Feuilles	Tiges
1	23,5	13,5
2	23,0	13,2
3	16,2	8,7
4	16,6	8,9
5	16,4	9,7
6	17,4	9,5
7	12,0	7,1
8	10,8	7,5

Dans le même essai, ont été comparés des ray-grass anglais de précocités décroissantes : ray-grass anglais *Primevère*, ray-grass anglais *Vroeghooitype*, ray-grass anglais type fauche *C. B.*, ray-grass anglais pâture *Barenza*.

Le tableau 2 donne les teneurs en matière azotée totale moyenne des feuilles analysées lors du premier cycle et du cycle suivant, ainsi que l'amplitude des teneurs observées. On y trouvera également les résultats obtenus de façon analogue pour les feuilles des fétuques.

TABLEAU 2

	Mat. azot. tot. % mat. sèche			
	Moyennes		Amplitudes	
	1er cycle	Cycle ult.	1e cycle	Cycle ult.
R. g. a. *Primevère*	17,0	22,3	10,8-23,5	16,5-28,0
R. g. a. *Vroeghooitype*	19,1	23,7	13,4-23,6	17,8-30,0
R. g. a. type fauche *CB*	15,6	17,2	9,6-18,9	12,3-22,3
R. g. a. pâture *Barenza*	16,7	16,6	11,5-19,7	12,3-22,3
Fétuque des prés *Melle*	15,5	15,5	10,9-19,6	13,8-16,8
Fétuque élevée *S 170*	16,4	21,2	12,6-21,0	18,7-24,9

Les chiffres précédents concernent la matière azotée totale mais cette dernière comprend une partie soluble et une partie protéique. Les plantes jeunes sont particulièrement riches en N soluble et l'accroissement du taux de N protéique se fait progressivement au cours du développement de la plante. Voici quelques indications sur cette évolution.

TABLEAU 3

Espèces fourragères	Mat. azot. tot.	N protéique / N total (%)	Mode d'exploitation
ray-grass anglais *Trianon*.	26,9	59	repousse 4 mois, récolté : 3 octobre
ray-grass anglais *Bocage* .	16,2	57	semé le 9 mai, récolté : 5 septembre
ray-grass anglais *Bocage* .	17,8	71	semé le 9 mai, récolté : 6 juillet
ray-grass anglais *Trianon*.	16,1	78	semé le 30 avril, récolté : 30 juin
fétuque des prés *Séquana*.	14,8	65	semé le 9 mai, récolté : 22 septembre
fétuque des prés *S 215* ...	13,3	74	semé le 30 avril, récolté: 17 septembre
dactyle *Prairial*	10,7	72	semé le 30 avril, récolté : 10 septembre
dactyle *Taurus*	11,8	72	semé le 9 mai, récolté : 22 septembre

2. — *Matières azotées totales* / *Cellulose brute*

Dans l'analyse alimentaire courante on détermine ce qu'il est convenu d'appeler la « cellulose brute ». C'est celle-ci qui sert de critère pour l'estimation de la digestibilité des fourrages. D'une façon générale, la teneur en cellulose brute varie

à l'inverse de celle de la matière azotée totale et dans une certaine mesure, on peut considérer que le rapport $\frac{\text{mat. az. tot.}}{\text{cell. brute}}$ est représentatif du taux de la matière azotée totale digestible. Reprenant l'analyse des feuilles de ray-grass et de fétuques précédemment étudiés, nous avons pu noter une certaine correspondance entre les dosages indiqués plus haut en estimant le rapport $\frac{\text{mat. az. tot.}}{\text{cell. brute}}$ pour lequel nous avons retenu la valeur moyenne des prélèvements (tabl. 4).

TABLEAU 4

	1er cycle	Cycle suivant
ray-grass *Primevère*	0,71	1,07
ray-grass *Vroeghooitype*	0,87	1,12
ray-grass fauche *C.B.*	0,57	0,80
ray-grass pâture *Barenza*	0,63	0,73
fétuque des prés *Melle*	0,57	0,65
fétuque élevée *S 170*	0,63	0,88

Dans le tableau 5 nous donnons également la valeur moyenne de ce rapport en utilisant une dizaine d'analyses de différentes Graminées prairiales prélevées à divers stades de végétation.

TABLEAU 5

	Année du semis	1er cycle	Cycles suivants
ray-grass *Melle* fauche	0,76	0,45	0,66
ray-grass *Melle* pâture	0,64	0,35	0,71
dactyle *S 37*	0,53	0,64	0,58
dactyle *S 143*	0,66	0,45	0,51
fétuque des prés *S 215*	0,59	0,23	0,40
fétuque des prés *Melle*	0,66	0,20	0,35
fétuque élevée *S 170*	0,63	0,43	0,54
fléole des prés	0,70	0,17	0,29

3. — *Constituants glucidiques*

Les glucides solubles.

Nous rappellerons que les glucides solubles sont les produits immédiats de la photosynthèse et que l'on doit considérer les fructosanes comme des éléments de réserve pour les besoins de la croissance. C'est dire qu'ils sont sous la dépendance directe de la physiologie de la plante. Leurs variations sont sensibles non seulement au cours de la croissance mais même pendant la journée.

Malgré cette relative instabilité, nous avons voulu examiner si la teneur en sucres solubles n'avait pas un certain caractère spécifique ou variétal.

Dans l'étude d'ensemble que nous consacrons à la composition des espèces prairiales cultivées à Isneauville, nous avons été amenés à comparer la teneur moyenne en sucres solubles de quelques-unes d'entre elles au cours des différents cycles de végétation : année du semis (1), 1er cycle (2), cycles ultérieurs (3). Nous donnons dans le graphique 1 le résultat de nos analyses.

Constituants membranaires.

Les diverses substances membranaires comprennent la cellulose « vraie », les hémicelluloses et la lignine. Nous avons vu précédemment que ce dernier constituant est obtenu après élimination successive des glucides solubles, des hémicelluloses et de la cellulose. On est alors en présence d'une lignine brute dont la matière azotée n'est pas éliminée.

Pour tenir compte de cette surcharge, R. JARRIGE (1962) a proposé des formules qui se fondent sur cette observation qu'une lignine brute est d'autant plus riche en

TABLEAU 6

	Année du semis	1er cycle	Cycles suivants
Hémicelluloses % M.S.			
ray-grass :			
Melle fauche	14,0	18,2	15,2
Melle pâture	15,3	19,6	14,0
dactyle :			
S 37	15,7	21,5	15,9
S 143	16,3	19,0	17,0
Cellulose % M.S.			
ray-grass :			
Melle fauche	18,2	20,6	18,4
Melle pâture	19,1	24,3	18,8
dactyle :			
S 37	21,2	27,5	20,2
S 143	20,6	21,6	24,7
Lignine corrigée % M.S.			
ray-grass :			
Melle fauche	6,6	8,0	7,8
Melle pâture	7,2	7,5	7,5
dactyle :			
S 37	9,4	12,4	10,8
S 143	9,8	10,7	10,2
Membranes % M.S.			
ray-grass :			
Melle fauche	38,8	46,7	41,4
Melle pâture	41,6	51,4	40,3
dactyle			
S 37	46,4	61,4	46,8
S 143	46,7	51,3	50,5

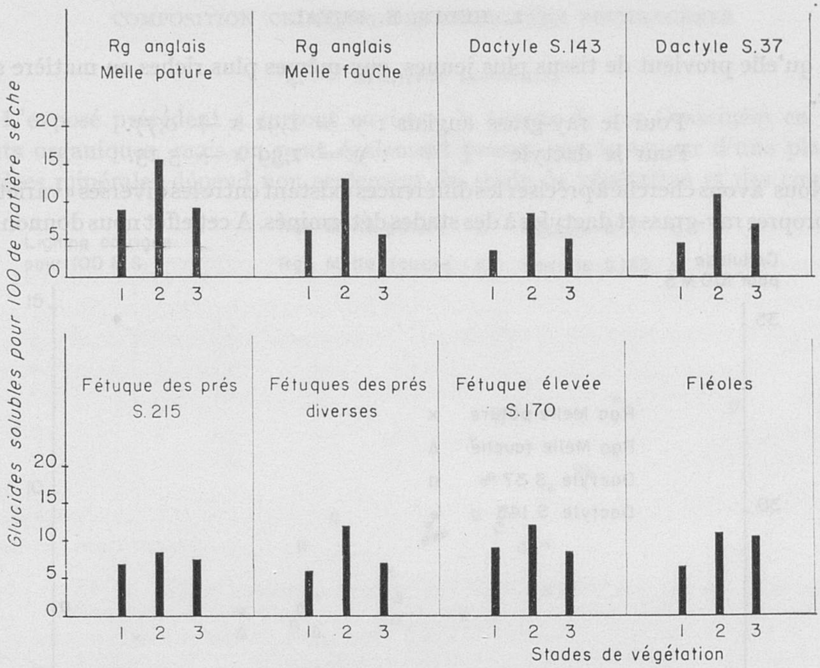

Rg anglais
Melle pature
Rg anglais
Melle fauche
Dactyle S.143
Dactyle S.37
Fétuque des prés
S.215
Fétuques des prés
diverses
Fétuque élevée
S.170
Fléoles
Glucides solubles pour 100 de matière sèche
0
5
10
15
20
1 2 3
Stades de végétation

FIG. 1

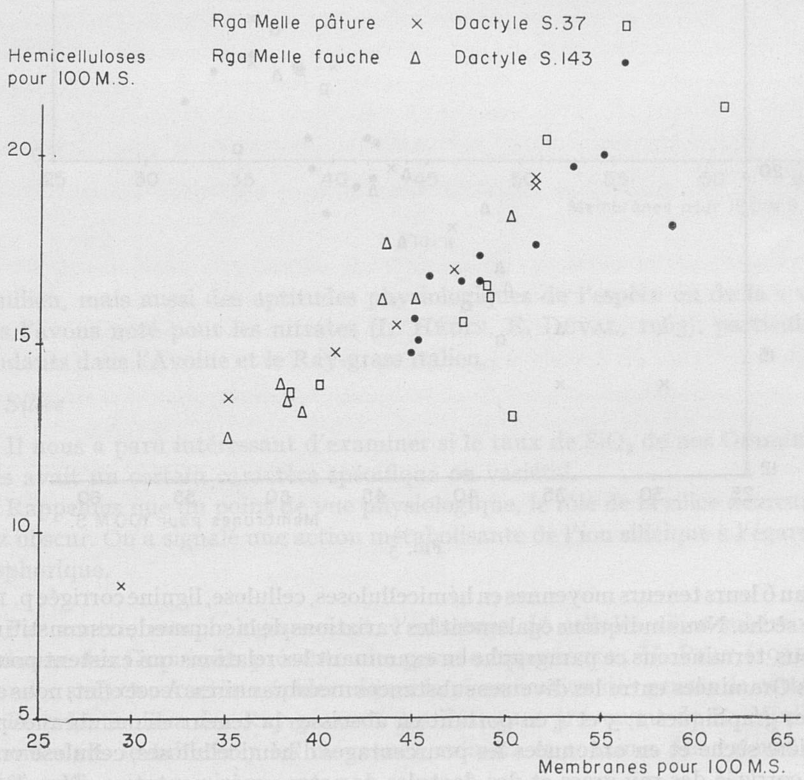

Rga Melle pâture ×
Rga Melle fauche Δ
Dactyle S.37 □
Dactyle S.143 •
Hemicelluloses
pour 100 M.S.
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
Membranes pour 100 M.S.

FIG. 2

azote qu'elle provient de tissus plus jeunes, eux-mêmes plus riches en matière azotée totale.

Pour le ray-grass anglais : $y = 1{,}91\ x + 0{,}77$.

Pour le dactyle : $y = 1{,}39\ x + 3{,}15$.

Nous avons cherché à préciser les différences existant entre les diverses « variétés » de nos propres ray-grass et dactyles à des stades déterminés. A cet effet nous donnons dans

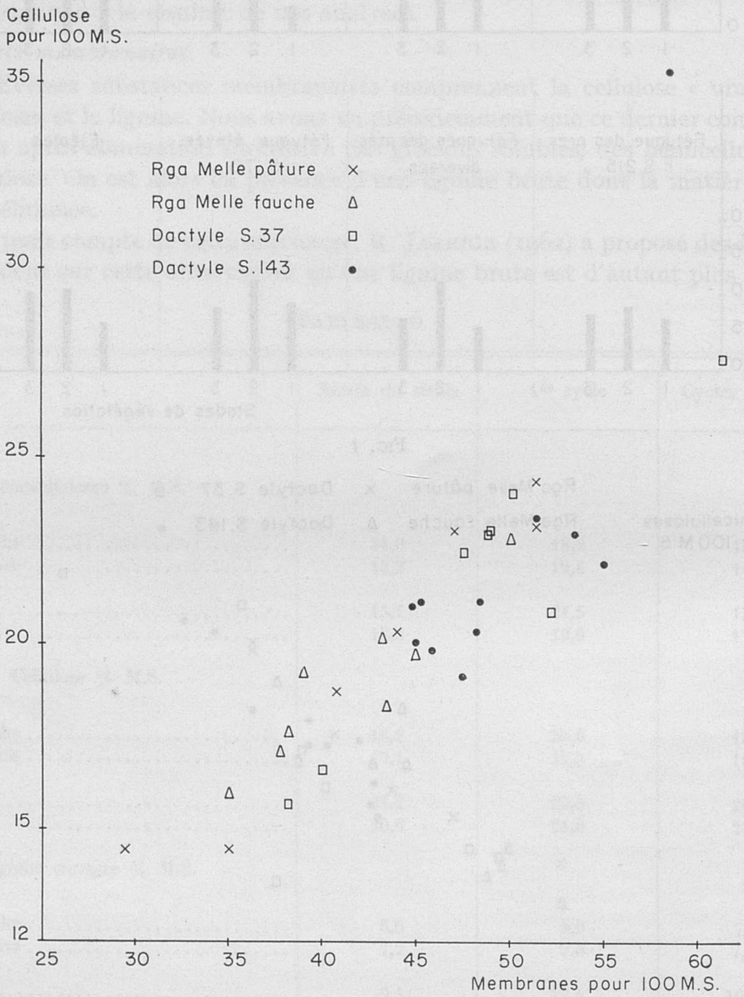


FIG. 3

le tableau 6 leurs teneurs moyennes en hémicelluloses, cellulose, lignine corrigée p. 100 de matière sèche. Nous indiquons également les variations de la somme de ces constituants.

Nous terminerons ce paragraphe en examinant les relations qui existent pour différentes Graminées entre les diverses substances membranaires. A cet effet, nous avons établi les graphiques 2, 3 et 4 en portant en abscisses la teneur en membranes p. 100 de matière sèche et en ordonnées les pourcentages d'hémicelluloses, cellulose vraie et lignine corrigée des ray-grass et des dactyles de notre expérimentation d'Isneauville.

4. — *Matières minérales*

L'exposé précédent a surtout envisagé la teneur de nos Graminées en constituants organiques, mais on peut également penser que la teneur d'une plante en matières minérales dépend non seulement du stade de végétation et des conditions

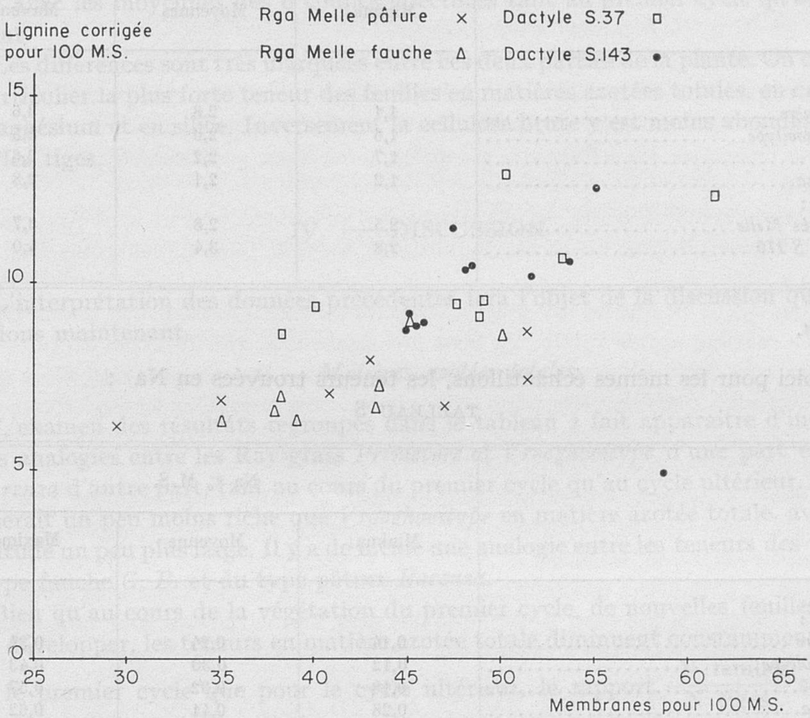


FIG. 4

du milieu, mais aussi des aptitudes physiologiques de l'espèce ou de la « variété ». Nous l'avons noté pour les nitrates (L. HÉDIN, E. DUVAL, 1963), particulièrement abondants dans l'Avoine et le Ray-grass italien.

Silice

Il nous a paru intéressant d'examiner si le taux de SiO_2 de nos Graminées prairiales avait un certain caractère spécifique ou variétal.

Rappelons que du point de vue physiologique, le rôle de la silice demeure encore assez obscur. On a signalé une action métabolisante de l'ion silicique à l'égard de l'ion phosphorique.

Par contre, morphologiquement, l'existence de cellules silico-subéreuses dans l'épiderme des Graminées présente une grande importance : H. PRAT (1931) a tenté de fonder sur ces caractères épidermiques la classification des genres de cette famille.

Pour les feuilles des Ray-grass et des Fétuques provenant de La Minière, nous donnons dans le tableau 7 les moyennes, minima et maxima des valeurs trouvées au 1er cycle.

TABLEAU 7

	SiO_2 % M.S.		
	Minima	Moyennes	Maxima
ray-grass :			
Primevère	1,1	2,8	3,6
Vroeghooitype	1,6	2,0	2,5
C. B.	1,7	2,2	2,6
Barenza	1,2	2,1	2,8
fétuques :			
des prés *Melle*	2,5	2,8	3,7
élevée *S 170*	2,8	3,4	4,0

Sodium.

Voici pour les mêmes échantillons, les teneurs trouvées en Na :

TABLEAU 8

	Na % M.S.		
	Minima	Moyenne	Maxima
ray-grass :			
Primevère	0,14	0,24	0,31
Vroeghooitype	0,12	0,30	0,43
C. B.	0,18	0,32	0,57
Barenza	0,28	0,41	0,62
fétuques :			
des prés *Melle*	0,13	0,28	0,58
élevée *S 170*	0,04	0,25	0,43

TABLEAU 9

	1er cycle		2e cycle	
	Feuilles	Tiges	Feuilles	Tiges
% M.S.				
Mat. azot. totales	17,0	9,78	22,29	11,01
Cellulose brute	23,8	28,8	20,7	25,9
P	0,34	0,34	0,41	0,41
Ca	1,02	0,37	0,89	0,38
Mg	0,24	0,12	0,22	0,13
SiO_2	2,78	1,67	3,58	1,55
K	3,14	2,69	3,04	2,72
Na	0,24	0,30	0,39	0,29

5. — *Composition comparée de feuilles et de tiges*

Nous terminerons cet exposé des résultats par la comparaison de la composition chimique des feuilles et des tiges de ray-grass anglais *Primevère*. Le tableau 9 est établi avec les moyennes des 8 coupes effectuées tant au premier cycle qu'au cycle suivant.

Les différences sont très marquées entre ces deux parties de la plante. On observe en particulier la plus forte teneur des feuilles en matières azotées totales, en calcium, en magnésium et en silice. Inversement la cellulose brute y est moins abondante que dans les tiges.

IV. — DISCUSSION

L'interprétation des données précédentes fera l'objet de la discussion que nous abordons maintenant

1. — *Matières azotées totales*

L'examen des résultats regroupés dans le tableau 2 fait apparaître d'incontestables analogies entre les Ray-grass *Primevère* et *Vroeghooitype* d'une part et *C. B.* et *Barenza* d'autre part, tant au cours du premier cycle qu'au cycle ultérieur. *Primevère* serait un peu moins riche que *Vroeghooitype* en matière azotée totale, avec une amplitude un peu plus large. Il y a de même une analogie entre les teneurs des feuilles du type fauche *C. B.* et du type pâture *Barenza*.

Bien qu'au cours de la végétation du premier cycle, de nouvelles feuilles aient pu se développer, les teneurs en matière azotée totale diminuent constamment. Tant pour le premier cycle que pour le cycle ultérieur, le rapport $\frac{\text{N feuilles}}{\text{N tiges}}$ se situe entre 1,5 et 2.

Le métabolisme des feuilles de Fétuque élevée *S 170* et de Fétuque des prés *Melle* est quelque peu différent. On notera une stabilité plus grande de la teneur de la Fétuque des prés en seconde coupe ; mais d'une façon générale, dans l'un et l'autre cas, pour le premier cycle et le cycle ultérieur, l'évolution du taux d'azote est moins marquée au cours des prélèvements.

En ce qui concerne les formes de l'azote, on observera lors des récoltes effectuées tardivement, des différences sensibles entre les Ray-grass anglais et les Dactyles ; leurs rapports $\frac{\text{N protéique}}{\text{N total}}$ sont respectivement d'environ 0,60 et 0,70. L'accroissement du taux d'azote protéique dépend évidemment des conditions de développement et de l'âge de la feuille. Il y aurait sans doute intérêt à examiner pour les espèces et « variétés » de nos Graminées prairiales, les différences dans l'évolution de l'azote soluble et de l'azote protéique existant entre elles.

Nos recherches ont porté sur des prélèvements de plantes entières pour l'année du semis. Celles de FAUCONNEAU (1960) distinguent pour le premier cycle les limbes, les tiges et les gaines d'un dactyle et d'une fétuque. Les résultats trouvés montrent que le pourcentage d'azote protéique de l'azote total varie beaucoup avec l'organe considéré et l'espèce mais faiblement avec le stade de développement. Les limbes

contiennent des quantités relativement fortes et constantes d'azote protéique cependant que celles des gaines et des tiges sont toujours plus faibles. Dans les plantes entières, la proportion d'azote non protéique varie un peu avec l'âge, atteignant un maximum avant la floraison de 23 à 27 p. 100.

2. — *Cellulose brute ; rapport* $\dfrac{\textit{matières azotées totales}}{\textit{cellulose brute}}$

Il s'agit d'un dosage conventionnel qui groupe sous cette désignation non seulement de la cellulose mais une partie de la lignine, des pentosanes, de l'azote, des matières minérales. La cellulose brute diffère donc assez sensiblement de la cellulose « vraie ».

Dans la cellulose brute, la proportion des substances qui ne sont pas vraiment de la cellulose est plus ou moins importante, variant pour le ray-grass anglais de 0,2 à 0,4 (moy. 0,25).

Nous avons vu que les ray-grass anglais du tableau 4 avaient une teneur décroissante en matière azotée totale. On peut dire également que les types les plus riches en azote sont aussi plus pauvres en cellulose brute. Au second cycle, alors que les écarts entre les prélèvements pour la matière azotée totale sont respectivement de 11,5 — 12,2 — 10 et 10 pour ce qui est de la cellulose brute, les écarts sont respectivements de 2,2 — 1,9 — 6,5 et 8,2.

C'est dire que pour une variation analogue de la matière azotée totale, à ce second cycle, les types précoces (*Primevère,* etc.) s'enrichissent comparativement moins rapidement en cellulose brute.

D'autre part, il y a une relativement faible évolution de la matière azotée totale et de la cellulose brute pour la Fétuque des prés. Ces variations sont plus marquées pour la Fétuque élevée qui a tendance à s'enrichir en cellulose brute surtout après le premier cycle.

Pour les fourrages récoltés à Isneauville, le tableau 5 fait nettement apparaître un rapport sensiblement plus faible pour le 1er cycle, notamment pour la Fléole des prés et les Fétuques des prés : ce cycle correspond aux stades de montaison et d'épiaison.

Il a y peu de différences très marquées l'année du semis ; pour les cycles suivant le premier, Fétuques des prés et Fléole ont un rapport $\dfrac{\text{mat. az. tot.}}{\text{cellulose brute}}$ très faible, ce qui conduit à penser que pour ces Graminées, le pourcentage de matière azotée digestible serait assez faible (mat. azot. totale moins élevée, taux de cellulose brute égal ou supérieur à 30 p. 100 MS).

Des travaux récents de zootechniciens (DEMARQUILLY) ont montré la supériorité nutritionnelle des prairies temporaires utilisées l'année du semis. Nos résultats d'analyses confirment cette observation.

3. — *Constituants glucidiques*

Glucides solubles.

G. ap. GRIFFITH (1962) a pu mettre en évidence à Aberystwyth des différences existant dans le taux de sucres solubles entre les divers types de ray-grass, raygrass italien *S 22*, ray-grass anglais *S 23* et *S 24*, mais aussi entre la fléole des prés

S 48, la fétuque des prés *S 215*, la fétuque élevée *S 170*, les dactyles *S 37* et *Bc 4651*. Il note que d'une façon générale, les huit Graminées examinées ont leur teneur la plus élevée en sucres solubles au cours du mois de mai ou dans la première moitié de juin, mais le maximum n'est pas situé à la même date dans tous les cas.

Les trois ray-grass avaient les teneurs les plus élevées, particulièrement le ray-grass italien *S 22* ; les deux dactyles, les teneurs les plus basses, notamment *Bc 4651*.

L'examen du graphique 1 nous permet de retrouver les conclusions de G. ap. GRIFFITH sur la teneur élevée des ray-grass en sucres solubles et les teneurs moindres des dactyles. On observera également que le cycle le plus favorable à cet égard est le premier cycle.

Il convient de se rappeler d'autre part que les différentes familles botaniques ne se comportent pas de la même façon vis-à-vis de leur composition en sucres solubles : ainsi, les Légumineuses ne contiendraient pas de fructosanes et peu de saccharose, JARRIGE (1956).

Lignine et constituants membranaires.

Nos Graminées fourragères renferment un tissu vasculaire ligneux et des cellules plus ou moins lignifiées. Compte tenu du caractère conventionnel de la détermination de la cellulose brute et de sa composition variable, un certain nombre de zootechniciens ont pensé qu'il y avait intérêt à se servir de la lignine comme critère de digestibilité des fourrages. On a préconisé, aux États-Unis, l'utilisation de relations permettant de calculer facilement le coefficient de digestibilité à partir du taux de lignine. FORBES et GARRIGUS (1947) désignant le coefficient de digestibilité par y et la teneur en lignine de la matière sèche des fourrages courants par x, ont donné la relation suivante :

$$y = 100 - 4{,}71\ x$$

La méthode de dosage utilisée est celle d'ELLIS, MATRONE et MAYNARD (1946) considérée comme donnant la fraction totalement indigestible du fourrage.

Mais il faut bien reconnaître que cette détermination présente également un caractère conventionnel puisque la composition de la lignine est encore mal connue : c'est l'opinion de BRAUNS (1952) qui conclut qu'il ne s'agit pas d'un composé entièrement défini mais d'un terme collectif désignant un groupe de substances de poids moléculaire élevé, chimiquement très étroitement reliées.

R. JARRIGE (1962) indique également le manque d'une véritable méthode de référence du fait de l'existence de nombreuses lignines variables sans doute selon les espèces et les stades de végétation.

De la comparaison qu'il a effectuée des différentes méthodes de dosage actuellement préconisées, R. JARRIGE conclut qu'elles ont toutes un caractère conventionnel, isolant des substances impures renfermant notamment des matières azotées. Ce sont là des conclusions auxquelles nous étions parvenus lorsque nous avions comparé les résultats de la méthode KLASON et ceux de NORMAN et JENKINS (HÉDIN et PHILIPPART, 1953).

La détermination de la lignine, telle que nous l'avons réalisée, ne tient pas compte des différentes fractions que renferme cette substance complexe. D'après certains zootechniciens (CHARLET-LÉRY, 1952) la portion de cette lignine soluble dans les alcalis serait plus digestible.

Dans le même souci de distinguer les types de lignine, F. E. BRAUNS indique que la lignine de la paille est en partie dissoute dans les alcalis, et que la paille de Seigle l'est même complètement. Ces discriminations nous ont conduit à rechercher un procédé rapide d'évaluation de cette lignine facilement soluble dans les alcalis. Nous avons pensé qu'une appréciation sommaire pouvait en être obtenue en formant la différence insoluble formique — cellulose brute.

D'après CHARLET-LÉRY et *al.* (1952), l'insoluble formique pourrait être considéré comme renfermant uniquement de la cellulose vraie et de la lignine.

Si l'on déduit de ce dosage de l'insoluble formique, la cellulose brute qui subit une attaque acide et une attaque alcaline, on peut dans une certaine mesure considérer que cette différence représente la lignine soluble dans les alcalis. Il ne s'agit évidemment là que d'une approximation, puisque l'insoluble formique comme la cellulose brute n'est pas complètement débarrassé des pectines, ni des hémicelluloses.

L'examen de cette différence (insoluble formique — cellulose brute) fait apparaître une différence moins élevée pour les ray-grass anglais (*Melle* fauche et *Melle* pâture) que pour les dactyles (*S 37* et *S 143*). D'une façon générale, cette différence est plus importante après le premier cycle, pour les cycles suivants.

Nous terminerons ce paragraphe par quelques commentaires des tableaux et graphiques établis avec les résultats de l'analyse des membranes.

D'une façon générale, le taux des constituants membranaires augmente avec l'âge de la plante. Les plantes jeunes sont pauvres à cet égard. Pour les espèces étudiées c'est au premier cycle que les membranes prennent le plus d'importance.

Dans le graphique 2, on note un enrichissement progressif des hémicelluloses parallèlement à celui de l'ensemble des constituants membranaires. ($y = 0{,}44\ x - 3{,}8$; $r = 0{,}86$). Les Dactyles apparaissent nettement plus pourvus en membranes, notamment *S 143*, que les ray-grass. Le premier cycle, pour toutes les espèces est le plus riche en hémicelluloses.

Nous avons pu constater d'autre part que ceci est également vrai pour la fétuque *S 215*.

Dans le graphique 3, la cellulose vraie croît également avec l'ensemble des membranes ($y = 0{,}53\ x - 3{,}5$; $r = 0{,}89$). On remarque des teneurs plus élevées en cellulose au premier cycle.

Dans le graphique 4, l'on n'observe pas d'accroissement significatif du taux de lignine en fonction des membranes ($y = 0{,}23\ x - 1{,}8$; $r = 0{,}51$).

L'examen du tableau 6 fait apparaître des valeurs plus élevées pour la lignine au premier cycle. On y remarque également des teneurs plus fortes chez les dactyles que pour les ray-grass mais pas de différences significatives entre les deux ray-grass ni entre les deux dactyles. Si l'on se reporte aux différents chiffres qui composent les moyennes précédentes, on distingue en dehors du premier cycle, des valeurs sensiblement plus élevées particulièrement en arrière-saison :

	Date de prélt	*Lignine corrigée*
	—	—
ray-grass *Melle* fauche	6-9-1958	9,0
ray-grass *Melle* pâture	23-9-1958	8,8
dactyle *S 37*	10-9-1958	12,9
dactyle *S 143*	30-8-1958	11,5
dactyle *S 143*	6-10-1958	10,4

La durée de la période de repousse est probablement un facteur de la teneur du prélèvement en lignine.

Nous signalerons enfin que la teneur en lignine brute de la Fétuque élevée est analogue à celle des Ray-grass anglais alors que celle de la Fléole des prés est proche de celle des Dactyles.

4. — *Matières minérales*

Silice

Étudiant la composition minérale de nos Graminées prairiales, M. KERGUÉLEN (1960) note qu'il ne paraît pas exister de différence nette entre les espèces étudiées (Ray-grass, Fétuque des prés, Fétuque élevée, Dactyle, Fléole). « Les espèces à consistance dure, comme les Fétuques élevées, ne contiennent apparemment pas davantage de SiO_2 que les Ray-grass anglais et les Dactyles par exemple ».

Les observations précédentes ont été réalisées sur des échantillons comportant feuilles et tiges. Si l'on sépare les unes et les autres, on note que pour les Ray-grass anglais, la Fétuque des prés et la Fétuque élevée examinés, la teneur en SiO_2 des feuilles est sensiblement plus élevée que celle des tiges.

Pour les feuilles, SiO_2 est plus abondante au cours du 2e cycle, avec des variations plus importantes au cours du 1er cycle. Si l'on compare la teneur en SiO_2 des feuilles des ray-grass *Primevère, Vroeghooitype,* type *C. B., Barenza,* l'on s'aperçoit que la « variété » *Primevère* est sensiblement plus riche en SiO_2 que les autres Ray-grass. Le minimum de *Primevère* 1,1 est exceptionnel dans la série des prélèvements. Il semble de même que la Fétuque élevée soit plus pourvue en SiO_2 que la Fétuque des prés. Le taux de SiO_2 est plus élevé en fin de végétation.

Sodium

De nombreux auteurs ont déjà mis en évidence la richesse relative du Dactyle en sodium (GUÉGUEN et FAUCONNEAU, 1960).

Plus récemment, G. ap. GRIFFITH (1962) a rappelé l'existence de grandes différences entre les Graminées à cet égard.

Les analyses réalisées par ce chercheur sur des échantillons comportant feuilles et tiges ont montré que les dactyles *S 37* et *Bc 4651* ont les teneurs les plus élevées en Na, mais que les ray-grass anglais *S 23* et *S 24* sont également relativement riches. Les taux moindres en sodium sont par ordre décroissant, ceux du ray-grass italien, de la fétuque élevée *S 170*, de la fétuque des prés *S 215* et enfin de la fléole *S 48*.

Si l'on examine, comme nous l'avons fait des échantillons de feuilles et de tiges, on remarquera que la teneur en Na des unes et des autres est analogue mais que cette teneur est plus élevée pour le deuxième cycle.

En ce qui concerne les feuilles du premier cycle (tabl. 8) leur teneur en Na est sensiblement plus élevée pour *Barenza* que pour *Primevère*. Quant aux fétuques, les valeurs trouvées sont du même ordre de grandeur que pour les ray-grass.

V. — CONCLUSIONS

La première démarche du botaniste ou de l'agronome pour classer les végétaux consiste à utiliser des caractères morphologiques.

Dès que l'on cultive côte à côte des espèces ou des « variétés » on se rend compte

de l'existence des différences qui existent entre les diverses plantes quant à leur comportement biologique (précocité, résistance au froid, aux maladies, etc.). A de telles différences correspondent des physiologies dissemblables dont on retrouve les caractéristiques dans les compositions biochimiques.

Si la classification biochimique des végétaux est relativement peu avancée, c'est que les méthodes analytiques sont encore insuffisamment rapides. Ces méthodes sont couramment utilisées lorsqu'on se propose de sélectionner des types végétaux pour leur richesse en sucre, en huile, en acides aminés ou en alcaloïdes. Il est certain par exemple que toutes les luzernes ne contiennent pas le même taux de méthionine.

Pour ce qui est des plantes médicinales, de telles recherches sont classiques comme l'a rappelé récemment R. TETINYI (1963).

Elles sont examinées avec beaucoup de soin par T. SWAIN dans son récent ouvrage *Chemical plant taxonomy*.

Le présent travail, comme les études antérieures publiées ici-même (HÉDIN et *al.*, 1954) se place à un point de vue un peu différent puisque le critère de classification se fonde sur des différences dans les pourcentages de constituants très largement répandus dans la plante (azote, lignine, matières minérales, etc).

Il est aisé d'apercevoir les difficultés de telles recherches. La composition minérale d'une plante dépend des conditions du milieu cultural. Ainsi, selon W. DAVIES (1960) qui cite les analyses de FAGAN portant sur les feuilles de trèfle blanc sauvage originaire du Kent, ce trèfle cultivé aux Iles Falkland renfermait p. 100 matière sèche 0,61 d'acide phosphorique (P_2O_5). A Aberystwyth, ce même trèfle contenait un taux plus élevé de P_2O_5 (0,79 p. 100).

Ce n'est que lorsque des types voisins sont cultivés côte à côte et dans les mêmes conditions que les différences peuvent être attribuées à des caractéristiques physiologiques propres à chaque type.

Nous sommes ainsi amenés à penser que la composition chimique d'une plante, sujette à d'importantes variations, est un critère moins sûr que ses caractéristiques morphologiques.

Ces constatations ne doivent pas nous conduire à méconnaître l'intérêt de telles investigations.

Il est double : d'ordre physiologique car ces recherches nous permettent d'entrer dans une connaissance plus approfondie de la physiologie de nos espèces prairiales ; d'ordre fourrager, car il est important pour le praticien de savoir ce que renferment les fourrages qu'il utilise.

1° Pour ce qui est de la physiologie, le présent travail a permis de comparer des espèces et des « variétés » prairiales quant à l'évolution de leur matière organique (mat. azot. tot.) et de certains éléments minéraux (SiO_2, Na). La séparation des feuilles et des tiges fait apparaître des différences de composition entre ces deux parties du végétal. L'ensemble des feuilles est d'abord riche en matière azotée totale, puis sa teneur en cellulose brute augmente progressivement ; les produits ternaires de la photosynthèse passent successivement de 65 à 80 p. 100 de matière sèche.

Dans de telles conditions, on comprend l'importance qu'il faut attacher à cette fonction chlorophyllienne et l'intérêt qu'il y a à tenir compte des surfaces foliaires.

C'est ce que n'a pas manqué de faire Y. COÏC (1962) dans son étude sur les aptitudes

du blé à la productivité où il distingue une photosynthèse globale et une photosynthèse active.

Si la connaissance de la physiologie du Blé a été examinée avant celle des Graminées fourragères, bien des aspects de cette dernière ont pu être étudiés à la lumière de nos connaissances sur les céréales. Mais nos espèces prairiales, on ne doit pas l'oublier, sont pérennes et le but de leur production n'est pas une graine mais une feuille.

Le vieillissement de cette feuille la rend moins digestible tandis que le rapport $\frac{\text{feuilles}}{\text{tiges}}$ diminue.

Ces rapides considérations suffiront à montrer comment il faut aborder le problème de la classification biochimique de nos plantes fourragères :

a) ne comparer entre eux que des types de précocité voisine ;

b) les examiner à des stades analogues ;

c) comparer des feuilles entre elles pour éliminer le facteur de la montaison qui modifie le rapport $\frac{\text{feuilles}}{\text{tiges}}$.

2° Du point de vue fourrager, nous avons pu montrer que certains types de Ray-grass anglais produisaient des feuilles contenant des taux différents de matière azotée totale et de cellulose brute. Il en résulte des digestibilités qui peuvent être variables d'un type à l'autre. Nous noterons en passant les teneurs élevées en cellulose brute des feuilles après l'épiaison (pour *C. B.* 33,4 p. 100). Il n'est pas sans intérêt non plus de savoir que des espèces ou des « variétés » sont plus ou moins riches en glucides ou même en sodium.

Tout ce qui peut nous renseigner dans ce domaine trouve aisément son application pratique.

En conclusion, si les données de la morphologie et de la physiologie du développement demeurent les critères indispensables de la caractérisation des espèces et « variétés » nous pensons avoir montré que la connaissance de la composition chimique des plantes pouvait apporter une contribution non négligeable à leur différenciation.

Reçu pour publication en mai 1964.

SUMMARY

SOME CHEMICAL CHARACTERISTICS OF CERTAIN SPECIES AND VARIETIES OF FODDER GRASSES

It is customary to distinguish the species and varieties of our cultivated plants by considering their morphology and their biology (early maturity, resistance to disease, to the cold etc). For certain species and grassland types, the authors have tried to point out some biochemical characteristics which corresponded with these differences.

The possibility was examined of noting differences between the species and types, when selected at precise stages in their development, in their content of total nitrogenous material, soluble glucides membrane constituents (crude cellulose, true cellulose, lignin, hemicellulose), and SiO_2 and Na. In, order to avoid variation resulting from differences in the leaf/stem ratio, the authors generally used as a criterion the differentiating of the whole of the leaves of a given type. This technique allowed

them to distinguish certain types of perennial ray-grass and to record interesting observations on the biochemistry of species during various stages of development (year of sowing, first cycle, subsequent cycles).

The present work has deepened our knowledge of the chemical composition of our grassland species and consequently the knowledge of their physiology and their fodder value.

ZUSAMMENFASSUNG

ÜBER EINIGE CHEMISCHE KENNZEICHEN DER ARTEN UND ABARTEN VON FUTTERGRÄSERN

Man unterscheidet gewöhnlich die Arten und Abarten von Kulturpflanzen anhand ihrer Morphologie und ihrer Biologie (Frühreife, Widerstend gegen Krankheiten, gegen Kälte, usw...).

Diesen Verschiedenheiten entsprechen biomische Kennzeichen, welche die Autoren bei einer gewissen Anzahl von Grasarten untersuchen.

Bei ihrer Untersuchung prüften sie, ob bei solchen Arten und Sorten, die zu einem bestimmten Zeitpunkt ihrer Entwicklung auf ihren Gesamtstickstoffgehalt, ihren Gehalt an löslichen Kohlewasserstoffen, auf Anteile der Zellmembran (Rohzellulose), echte Zellulose, Holzstoff, Hämizellulose), sowie auf SiO_2 und Na untersucht wurden, Unterschiede festzustellen waren.

Um das Eingehen von Schwankungen bedingt durch das Verhältnis Blätter/Stengel zu vermeiden, haben die Autoren als Kriterium lediglich die Gesamtheit der Blätter einer gegebenen Art benutzt.

Diese Technik hat ihnen die Trennung gewisser englisher Raigrasarten ermöglicht, und sie konnten interessante Beobachtungen über die Biochemie der Arten, im Laufe ihrer verschiedenen Entwicklungsstadien anstellen (Jahr der Aussaat, erster Zyklus, spätere Zyklen).

Die vorliegende Arbeit hat unsere Kenntnisse über den chemischen Aufbau unserer Grasarten, und daraus folgernd ihrer Physiologie und Futterwertes vertieft.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRAUNS F. E., 1952. *The Chemistry of lignin.* Academic Press, New York, 808 p.

CHARLEY-LÉRY G., FRANÇOIS A., LEROY A. M., 1952. L'analyse des aliments destinés aux animaux et l'interprétation des résultats qu'elle fournit. *Ann. Zootech.*, **3**, 45-61.

COÏC Y., 1962. Quelques considérations sur les aptitudes variétales du blé à la productivité. *Eucarpia*, 57-60.

DAVIES W., 1960. *The grass crop ; its development, use and maintenance.* E. and F. N. Spon, Ltd, London, 363 p.

ELLIS G. H., MATRONE G., MAYNARD L. A., 1946. A 72 p. 100 H_2SO_4 method for the determination of lignin and its use in animal nutrition studies. *J. Animal. Sci.*, **5**, 285-297.

FAUCONNEAU G., 1960. Les fractions azotées et les acides organiques des Graminées et des Légumineuses : *8e Cong. intern. Herbages*, 617-620.

FORBES R. M., GARRIGUS W. P., 1947. Application of a lignin ratio technique to the determination of the nutrient intake of grazing animals. *J. Animal. Sci.*, **7**, 373-382.

GUÉGUEN L., FAUCONNEAU G. 1960. Les variations des teneurs en matières azotées et minérales du Dactyle et de la Fétuque des prés. *8e Cong. intern. Herbages*, 621-625.

GRIFFITH G., ap., 1962. Varietal differences in chemical composition during primary growth. *Report of the Welsh Plant Breeding Station*, Aberystwyth, 87-92.

HÉDIN L., PHILIPPART M., 1953. Introduction à l'étude des assolements fourragers. *Ann. Amélior. Plantes* **1**, 1-41.

HÉDIN L., LEFEBVRE J. M., PHILIPPART M., 1954. Recherches sur les assolements fourragers et la production prairiale en Normandie. *Ann. Amélior. Plantes*, **2**, 247-306.

HÉDIN L., LEFEBVRE J. M., KERGUÉLEN M., 1954. Recherches sur la caractérisation chimique d'espèces et de variétés de plantes fourragères et prairiales. *Ann. Amélior. Plantes*, **4**, 469-504.

HÉDIN L., DUVAL E., 1963. Recherches sur la présence des nitrates dans les plantes fourragères et prairiales. *Ann. Physiol. vég.*, **5** (1) 29-49.

HÉDIN L. HANGARD E., DUVAL E., 1963. Les fourrages de la Seine-Maritime, analyse et utilisation. *Fourrages*, **15**, 3-66..

JARRIGE R.,1956. Nature et importance des glucides solubles dans les plantes fourragères en croissance. *Conférence européenne des Herbages*. O.E.C.E., Paris, 293-296.

JARRIGE R., 1961. Analyse des constituants glucidiques des plantes fourragères. *Ann. Biol. anim.*, **1** (2), 163-212.

JARRIGE R., 1963. Les constituants membranaires des plantes fourragères. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophy.* **3** (2), 143-190.

JARRIGE R., JOURNET M., 1962. Analyse des constituants glucidiques des plantes fourragères III. Dosage de la lignine, *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophy.* **2** (3) 223-250.

KERGUÉLEN M., 1960. Aspect des variations de la composition de quelques fourrages en fonction des espèces, des stades de végétation, des conditions de sols et de fertilisation. *Ann. Amélior. Plantes*, **10** (2), 177-238.

PRAT H., 1931. *L'épiderme des Graminées. Étude anatomique et systématique.* Thèse. Masson, Paris, 324 p.

TETINYI R., 1963. Les variations chimiques à l'intérieur de l'espèce. *Bull. Soc. Bot.*, **110** (56) 177-179.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (4), 353-381

ANALYSE DU RENDEMENT ET SÉLECTION POUR LA PRODUCTIVITÉ RECHERCHES CHEZ L'AVOINE DE PRINTEMPS

II. — ANALYSE MORPHOLOGIQUE DU RENDEMENT [1]

L. DEGRAS

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes,
Centre national de Recherches agronomiques, Versailles (Seine-et-Oise)

SOMMAIRE

Il faut tenir compte du terrain génétique dans l'analyse morphologique du rendement. Chez l'Avoine de printemps, des tendances structurales divergentes peuvent être liées à la coloration des glumelles. Leur permanence à travers différentes situations écologiques et génétiques autorise leur utilisation en sélection.

L'optique de la plupart des travaux antérieurs était que la connaissance des structures variétales orienterait correctement le choix des parents, les descendances fournissant aisément les synthèses recherchées. Les interventions, inégalement dosées, des sélections et des fluctuations physiologiques au cours des générations successives, ont beaucoup diminué le crédit de la méthode. Il sera surtout question ici de descendances hybrides, ces recherches ayant le double objectif d'approfondir la connaissance des structures morphologiques contribuant à leur rendement et d'accroître l'efficacité de leur sélection pour une plus grande productivité.

I. MATÉRIEL ET TECHNIQUES

La sélection de l'Avoine de printemps est conduite à Versailles suivant un système de convergence. Les résistances complémentaires de géniteurs spécialisés sont transférées sur une variété productive, de large adaptation, par des croisements distincts. Les dérivés résistants et adaptés de

(1) La première partie de cette étude a été publiée dans le n° 3.

chaque croisement sont associés dans des cycles successifs de recroisement et de sélection. Quel que soit l'objectif immédiat des croisements, leur contribution au potentiel productif des lignées adaptées bénéficiera d'une appréciation du rendement et de la structure du rendement des géniteurs possibles. Les cultures généalogiques et les essais de rendement conduits dans ce but de 1959 à 1963 ont fourni les bases de ce travail.

1. — *Matériel variétal*

On peut grouper le matériel étudié en trois catégories d'après le niveau moyen de fixité atteint au moment des premiers essais.

a) Une vingtaine de lignées fixées dont huit lignées de collection et douze variétés commercialisées (1).

b) Quatre séries de descendances de croisements réalisés en vue d'obtenir des lignées productives, résistantes au charbon nu et à la rouille couronnée (MOULE, 1955, 1957). Il s'agit des croisements *Garry* × (*Aigle* × *Markton* × *Binder*) 45, (F_7 à F_{11}) (2), *Garry* × *Ariane* (F_6 à F_{10}), *Bonham* × *Ariane* (F_6 à F_{10}), *Bonham* × *Noire de Moyencourt* (F_5). Une sélection sévère dès la F_2, avait conduit à une fixité morphologique très accusée en F_5 chez toutes les familles.

c) La descendance du croisement *Pendek* × *Ariane* (F_3à F_6), réalisé en vue d'obtenir une lignée productive, bien adaptée et résistante à la verse. *Pendek* est une variété à faible tallage, paille courte et rigide, panicule relativement longue, épillets nombreux mais peu fertiles, glumelles blanches et grains assez petits. *Ariane* est une variété à fort tallage, paille assez haute et souple, panicule relativement courte, épillets peu nombreux mais très fertiles, glumelles noires et grains de grosseur moyenne. Environ 300 descendances avaient été retenues parmi les 582 plantes de la F_2 : elles fournissaient sur leur panicule principale la centaine de grains nécessaire à deux lignées de pépinière.

Le choix en F_3 de 76 familles visait à obtenir une F_4 améliorée pour la résistance à la verse mais conservant la diversité la plus grande. La récolte d'une cinquantaine de descendances F_3 donnait la semence d'un essai de « *Familles F_4 non sélectionnées* » (descendances non sélectionnées de chaque plante F_2 retenue). Une élimination écartait les familles excessivement déficientes, et 67 familles étaient suivies en F_5. Une soixantaine constituait à partir des récoltes de la pépinière F_4 l'essai « *Familles F_5 sélectionnées* », tandis que 13 familles participaient à un essai de « *Familles F_5 non sélectionnées* » dont la semence était tirée des récoltes de l'essai F_4. Il sera peu question du matériel F_6 dont l'étude est inachevée.

Un schéma synoptique (fig. 1) présente les différentes catégories de matériel et leurs conditions d'analyse. Les essais y sont désignés par des lettres qui seront rappelées dans la suite du texte.

2. — *Méthodes de travail*

Les pépinières généalogiques sont réalisées d'après le schéma épi-ligne classique. Les dispositifs d'expérimentation sont du type « bloc » ou « lattice ». Sauf exception, la parcelle d'essai comprend quatre à sept lignes de 2,50 m, bordures déduites. Le semis, à la main, assure une densité de 300 à 350 plantes au mètre carré.

Relevés biométriques.

Des notations de comportement sont effectuées au champ avec les premiers relevés biométriques. On en retiendra ici le nombre de chaumes fertiles par plante, ou tallage utile (T). D'après les échantillons dont l'importance (25 à 10 panicules) dépend du nombre de répétitions (1 à 4), les caractéristiques moyennes de la panicule principale sont établies au laboratoire : poids total en grain (P), longueur (L), nombre total d'épillets (E), nombre de fleurs fertiles par épillet (FE), nombre total de fleurs fertiles (F), poids moyen d'un grain (G).

Techniques d'analyse.

Les essais de rendement sont interprétés suivant les techniques usuelles. Les ajustements apportés par le calcul en lattice ont été profitables. Ils réduisent réellement l'interaction génotype × milieu, qu'elle soit due à la localisation de l'essai, à l'année ou à la génération. Par contre, ils n'améliorent pas sensiblement la cohérence des relevés biométriques. Ainsi la corrélation entre une série de relevés et une série de rendements s'élève très souvent dans l'ordre suivant : relevé parcellaire ×

(1) *Ariane* (I. N. R. A.), *Blanche de Wattines* (DESPREZ), *Caravelle* (PICHOT), *Condor* (C. I. V.), *Flamande* (DESPREZ), *Gelinotte* (TOURNEUR), *Libertas* (C. B. Rotterdam), *Mansholt Major* (MANSHOLT), *Noire de Moyencourt* (Cl. BENOIST), *Pendek* (C. B. Rotterdam), *Starblonde* (BLONDEAU) *Véga* (I. .N. R. A.).

(2) La désignation abrégée *Garry* × *A.M.B. 45* sera utilisée dans le reste du texte.

rendement parcellaire, relevé parcellaire × rendement moyen non ajusté, relevé parcellaire × rendement moyen ajusté, relevé moyen × rendement moyen ajusté.

L'échelle arithmétique a été conservée pour toutes les mesures.

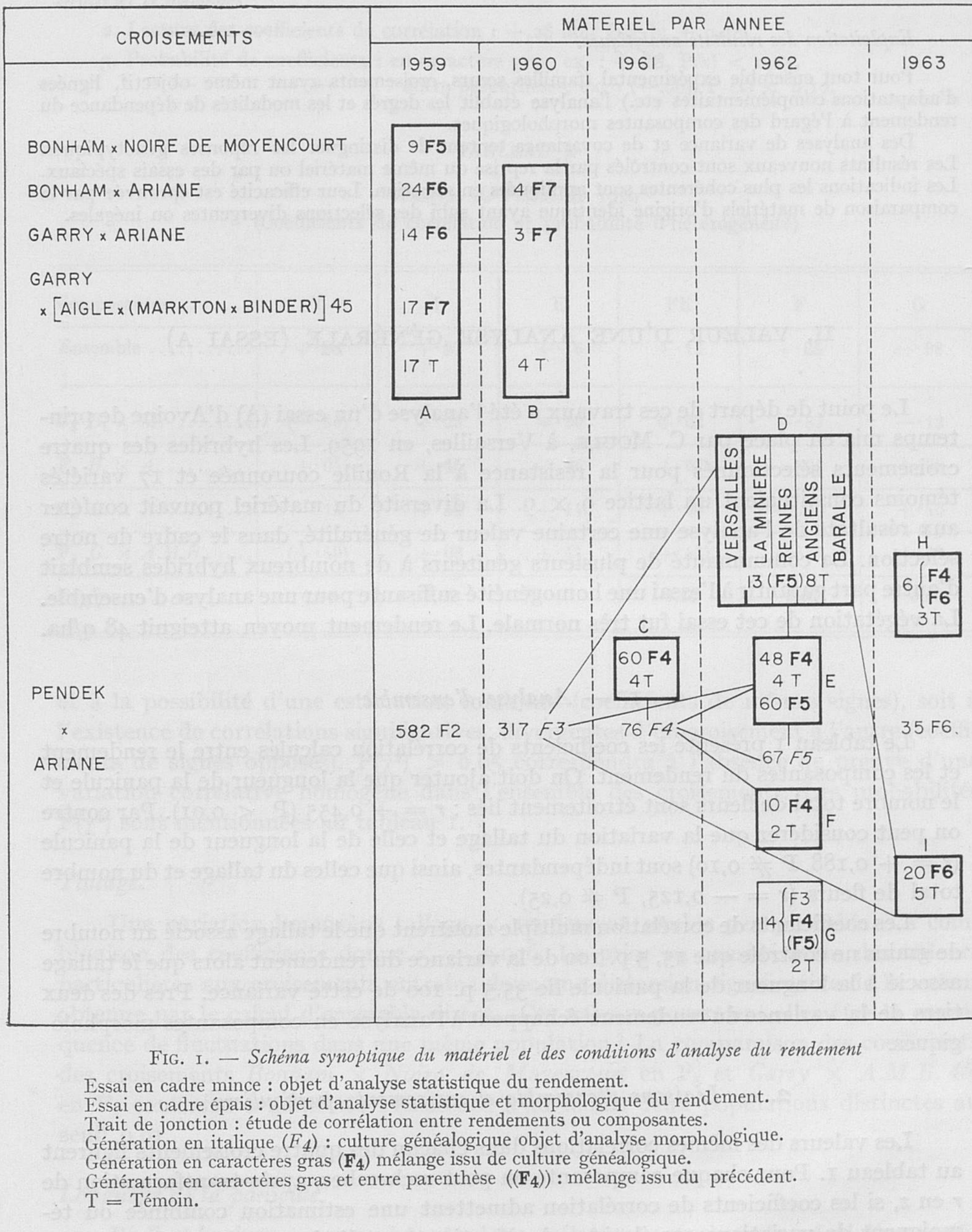


FIG. 1. — *Schéma synoptique du matériel et des conditions d'analyse du rendement*

Essai en cadre mince : objet d'analyse statistique du rendement.
Essai en cadre épais : objet d'analyse statistique et morphologique du rendement.
Trait de jonction : étude de corrélation entre rendements ou composantes.
Génération en italique (F_4) : culture généalogique objet d'analyse morphologique.
Génération en caractères gras ($\mathbf{F_4}$) mélange issu de culture généalogique.
Génération en caractères gras et entre parenthèse (($\mathbf{F_4}$)) : mélange issu du précédent.
T = Témoin.

La normalité des données et l'intérêt de leur association ont été estimés graphiquement d'abord. Les relations valables ont été étudiées à l'aide des tests d'indépendance appropriés. Le coefficient de corrélation a été largement utilisé en raison des facilités de comparaison et de combinaison permises

par la transformation $z = \frac{1}{2} \log \frac{1 + r}{1 - r}$. Cette transformation a notamment l'avantage de substituer une distribution normale à la distribution fortement dissymétrique de r dans le cas des petits échantillons.

Exploitation des résultats analytiques.

Pour tout ensemble expérimental (familles sœurs, croisements ayant même objectif, lignées d'adaptations complémentaires etc.) l'analyse établit les degrés et les modalités de dépendance du rendement à l'égard des composantes morphologiques.

Des analyses de variance et de covariance tentent de distinguer les réponses génotypiques. Les résultats nouveaux sont contrôlés par la reprise du même matériel ou par des essais spéciaux. Les indications les plus cohérentes sont appliquées en sélection. Leur efficacité est éprouvée par la comparaison de matériels d'origine identique ayant subi des sélections divergentes ou inégales.

II. VALEUR D'UNE ANALYSE GÉNÉRALE (ESSAI A)

Le point de départ de ces travaux a été l'analyse d'un essai (A) d'Avoine de printemps mis en place par C. MOULE, à Versailles, en 1959. Les hybrides des quatre croisements sélectionnés pour la résistance à la Rouille couronnée et 17 variétés témoins constituaient un lattice 9 × 9. La diversité du matériel pouvait conférer aux résultats de l'analyse une certaine valeur de généralité, dans le cadre de notre sélection. La communauté de plusieurs géniteurs à de nombreux hybrides semblait d'autre part garantir à l'essai une homogénéité suffisante pour une analyse d'ensemble. La végétation de cet essai fut très normale. Le rendement moyen atteignit 48 q/ha.

1. — *Analyse d'ensemble*

Le tableau 1 présente les coefficients de corrélation calculés entre le rendement et les composantes du rendement. On doit ajouter que la longueur de la panicule et le nombre total de fleurs sont étroitement liés : $r = + 0{,}455$ ($P < 0{,}01$). Par contre on peut considérer que la variation du tallage et celle de la longueur de la panicule ($r = + 0{,}188$, $P \neq 0{,}10$) sont indépendantes, ainsi que celles du tallage et du nombre total de fleurs ($r = - 0{,}125$, $P \neq 0{,}25$).

Les coefficients de corrélation multiple montrent que le tallage associé au nombre de grains ne contrôle que 15, 5 p. 100 de la variance du rendement alors que le tallage associé à la longueur de la panicule lie 35,5 p. 100 de cette variance. Près des deux tiers de la variance du rendement échappent à l'analyse en composantes morphologiques.

2. — *Liaisons d'ensemble et croisements particuliers*

Les valeurs des mêmes corrélations dans chacun des quatre croisements figurent au tableau 1. Pour chaque composante on peut rechercher, après transformation de r en z, si les coefficients de corrélation admettent une estimation combinée ou témoignent de variations corrélatives significativement distinctes. A partir des effectifs, N, de chaque croisement et des valeurs de r fournies par la table (VESSEREAU, 1960) on obtient $\chi^2 = \Sigma\,(N - 3)z^2$. $P(\chi^2) < 0{,}05$ correspondra soit à l'absence d'hétérogénéité

Conventions communes aux tableaux

1. Signification des lettres (composantes, croisements) : voir le texte en regard et la section *Matériel et méthodes.*

2. Lecture des coefficients de corrélation : +.28 doit être lu + 0,28.

3. Probabilité de coefficients : en caractère gras, ex. : + **28**, $P(x) < 0{,}05$,
— — entre parenthèses, ex. : (—.66), $P(x) < 0{,}10$.

TABLEAU I

Analyse de l'essai de 1959
(Coefficients de corrélation et probabilité d'hétérogénéité)

Composantes	T	L	E	FE	F	G
Ensemble	+ ·**28**	+ ·**57**	+ ·16	+ ·12	+ ·**25**	—·08
F_5 *B.* × *M.*	(—·66)	+ ·25	+ ·30	+ ·02	+ ·87	—·12
F_6 *B.* × *A.*	+ ·04	+ ·**45**	—·06	+ ·07	—·01	+ ·39
F_6 *G.* × *A.*	—·13	+ ·**59**	+ ·14	+ ·30	(+ ·50)	+ ·40
F_7 *G.* × *A.M.B.*	(+ ·49)	+ ·08	+ ·41	(+ ·45)	—·31	+ ·49
$P(\chi^2)$	*0,10*	*0,02*		*0,10*	*0,05*	*0,05*

et à la possibilité d'une estimation combinée (coefficients de mêmes signes), soit à l'existence de corrélations significatives, divergentes d'un croisement à l'autre (coefficients de signes opposés). $P(\chi^2) > 0{,}05$ correspondra à l'absence de preuve d'une variation corrélative homogène dans l'ensemble des croisements. Les probabilités $P(\chi^2)$ sont mentionnées au tableau 1.

Tallage.

Une variation homogène tallage × rendement semble peu probable. La combinaison des coefficients donne $r' = 0{,}076$. La prise en considération des valeurs particulières aux croisements entraîne donc une distorsion significative de la valeur obtenue par le calcul d'ensemble direct. Ces valeurs pourraient-elles être la conséquence de fluctuations dans une même population ? La comparaison des coefficients des croisements *Bonham* × *Noire de Moyencourt* en F_5 et *Garry* × *A.M.B. 45*, en F_7 contraint à admettre l'existence d'au moins deux populations distinctes au seuil 0,01.

Longueur de la panicule.

$P(\chi^2)$ et le signe commun à toutes les corrélations autorisent le calcul d'un coefficient combiné $r' = +\,0{,}408$. Il est de même ordre de grandeur que le coefficient obtenu par le calcul d'ensemble direct.

Nombre total de fleurs fertiles.

La situation est à peu près celle reconnue pour le tallage. Pour être un peu plus élevé le coefficient combiné $r' = +\ 0{,}120$ n'en est pas davantage significatif. Ici ce sont les valeurs des coefficients chez *Garry × Ariane* et *Garry × A.M.B. 45* qui témoignent de l'existence de deux populations distinctes.

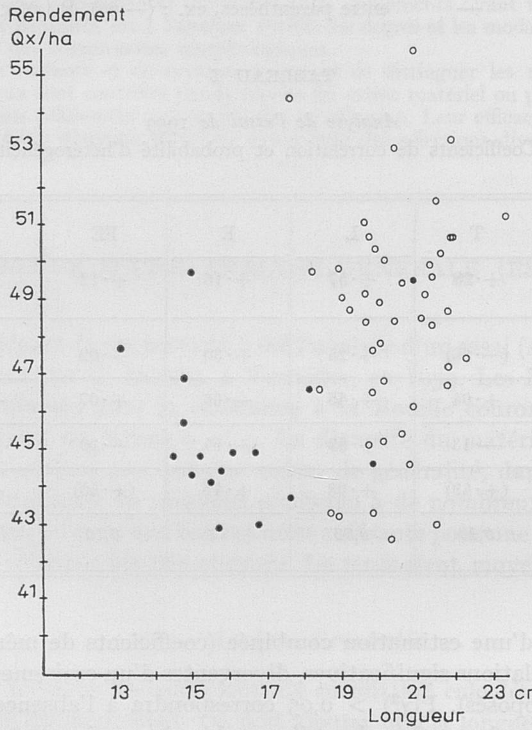


FIG. 2. — *Corrélation entre la longueur de la panicule et le rendement dans les croisements étudiés en* 1959.
• F_7 *Garry* × (*Aigle* (× *Markton* × *Binder*)) *45*.
o Autres croisements.

Poids moyen d'un grain.

La valeur de $P(\chi^2)$ et les signes de coefficients correspondent à un ensemble hétérogène où certains croisements présentent des corrélations significatives.

Ainsi des trois caractères qui dans l'analyse générale s'avéraient liés au rendement, deux ne le sont pas de façon homogène au niveau des croisements.

La communauté de parenté ne rapproche pas nécessairement les structures du rendement [1]. *Garry × Ariane* et *Bonham × Ariane* par exemple sont bien distincts quant au rôle du nombre de fleurs total.

L'intensité et la nature des liaisons en cause paraissent beaucoup plus dépendre d'interactions des facteurs associés que refléter de façon additive le dosage des parents.

[1] La structure du rendement est entendue, ici et dans la suite de l'exposé, comme l'agencement des composantes au sein du rendement (voir première partie).

III. STRUCTURES DU RENDEMENT ET COMBINAISONS GÉNÉTIQUES ASSOCIÉES

1. — *Un effet possible d'interaction génique*

La corrélation entre la longueur de la panicule et le rendement pour les quatre croisements étudiés en 1959, est représentée par le graphique 1. La situation et la dispersion du croisement F_7 *Garry* × *A.M.B. 45* sont particulières. La panicule y est courte et la dispersion évoque une variation curvilinéaire. La faiblesse de l'effectif empêche d'éprouver directement cette curvilinéarité. Mais on peut mettre en évidence dans cette dispersion deux variations inverses significatives.

(1) En considérant les panicules de longueur supérieure à 157 mm on obtient $r = + 0{,}723$, significatif au seuil 0,01.

(2) En considérant les panicules de longueur inférieure à 168 mm on obtient $r = - 0{,}665$, significatif au seuil 0,05.

On a bien entendu inclus dans chaque classe des familles de valeur 157 à 168 mm dont la position demeure ambiguë.

L'intérêt de ces groupements peut être évalué en calculant la fraction de la variance du rendement contrôlée par la longueur de la panicule L, associée au tallage T et au poids moyen du grain G.

Deux équations de régression multiple ont été établies :

$$Y_1 = 1{,}421\ T + 1{,}273\ G + 1{,}099\ L_1 + 142 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0{,}770\ T + 1{,}433\ G - 2{,}244\ L_2 + 694 \quad (2)$$

Elles contrôlent respectivement 66 p. 100 et 78 p. 100 de la variance du rendement.

Les parents de ce croisement ont des panicules très différentes. *Garry* a une panicule longue et lâche. *A.M.B. 45* a une panicule courte et compacte. La longueur de la panicule est en général à hérédité quantitative (PETR, 1959), quoique dans les croisements de types nains avec des types normaux la longueur de la panicule puisse dépendre d'un seul gène (PATTERSON et *al.*, 1963). La compacité du type *Milford*, analogue à celle de *A.M.B. 45*, a été reconnue monofactorielle récessive, avec intervention de modificateurs, par BHAMONCHANT (1962). A Versailles cependant, en croisement avec une lignée de *Bonham* × *Ariane*, ce type de panicule est dominant mais, en gros, toujours monogénique. La sélection de ce croisement était assez avancée pour que les hybrides, quant aux gènes majeurs, soient morphologiquement fixés. On peut interpréter la différence de réponse du rendement, pour une même variation de longueur de la panicule entre hybrides, comme un effet d'interaction entre les facteurs contrôlant la compacité et ceux contrôlant la longueur de la panicule.

2. — *Un effet d'interaction allélique* (Essai C)

L'essai des familles F_4 « non sélectionnées » du croisement *Pendek* × *Ariane* fut mis en place, en 1961, dans un terrain très argileux. L'année fut relativement sèche à divers stades critiques du développement, et la végétation demeura assez pauvre. Le rendement moyen de l'essai atteignit 23 q/ha.

TABLEAU 2

Allèles de coloration des glumelles et structure du rendement

F_4 Pendek × Ariane (1961)

(*Essai C*)

Matériel	Glumelles blanches (%)	Corrélations composantes × rendement							Rendement (q/ha)
		T (*d*)	P (*d*)	L (*b*)	E (*a*)	FE (*b*)	F (*b*)	G (*c*)	
I. Homozygotes noirs (10)	0	—·13	+·21	+·36	+·22	+·60	—·26	(+·58)	24,6
II. Hétérozygotes (7)	21	+·15	+·30	+·03	+**·91**	+·40	+·01	+·44	24,0
III. *Idem* (12)......	21-40	+·07	+·26	+·24	+·27	+·32	—·01	—·17	23,5
IV. *Idem* (8).......	31-40	—·08	+·16	+·04	+·51	+·12	+·13	—·17	23,2
V. Homozygotes blancs 10)	100	+·14	+·30	+·49	+·02	+·43	—**·78**	—·15	22,2
P(χ^2)		*0,99*	*0,80*	*0,50*	*0,02*	*0,20*	*0,20*	*0,50*	
Ensemble (47)......	—	+·11	+·21	(+·26)	+**·45**	+**·40**	+**·40**	·15	23,5
Homozygotes (20) ..	—	+·17	+**·59**	+·30	+·53	+·19	+**·57**	—·35	
Hétérozygotes (27) ..	—	+·09	+·13	+·16	+·08	+**·51**	+·27	—·05	

Le nombre entre parenthèses dans la colonne « Matériel » indique l'effectif.
Pour les lettres entre parenthèses dans les colonnes des corrélations, voir le texte.
Rendement des parents : *Pendek* = 20,4 q/ha, *Ariane* = 25,2 q/ha. L'écart est significatif.

Les analyses devaient aider au repérage des meilleures combinaisons des caractères parentaux et plus particulièrement de celles incluant la coloration noire des glumelles, caractère ayant un intérêt commercial. Les analyses montrèrent des correspondances inattendues entre la fréquence des allèles de coloration et le rendement, entre cette fréquence et la structure du rendement.

Rendement et coloration des glumelles.

Le tableau 2 porte les rendements obtenus par les parents et par cinq classes de descendances constituées selon la fréquence de la semence en grains à glumelles blanches. Dans chaque classe il y a une variation non aléatoire du rendement en raison des différences significatives entre familles établies par l'analyse statistique. Il faut en tenir compte dans l'estimation de la signification des différences entre classes de couleur. La faiblesse des effectifs ne permet pas d'obtenir une table de contingence précise. Une analyse simple et assez complète est possible après groupement des rendements proches de la moyenne de classe là où il y a plus de sept va-

leurs. On a alors deux séries orthogonales, couleur et rendement, qui permettent l'analyse de la variance :

Origines	*Variances*	*Degrés de liberté*	*F*	*F limite*
Rendement	2 403	6	37,0	3,5
Couleur	527	4	8,1	4,2
Erreur (Interaction)	65	24		

La comparaison directe des moyennes des classes I et V apporte une vérification : malgré de fortes hétérogénéités intra-classe ces moyennes sont significativement distinctes au seuil 0,01. La nature et la fréquence des allèles blanc-noir régissant la couleur des glumelles paraissent donc ici nettement associées à des aptitudes culturale des descendances du croisement *Pendek* × *Ariane*.

Structure du rendement et couleur des glumelles.

Le tableau 2 donne les valeurs des corrélations établies pour l'ensemble du croisement, pour chacune des classes de descendances, pour leur groupement en homozygotes (classes I et V) et pour leur groupement en hétérozygotes (classes II, III et IV). Les probabilités P(χ^2) analogues aux précédentes y figurent également. La comparaison de ces probabilités aux corrélations correspondantes permet de distinguer les types de relations suivants entre les composantes étudiées et le rendement :

a) liaison d'ensemble significative avec liaison générale dans les classes : une ;
b) liaison d'ensemble significative mais non générale dans les classes : trois ;
c) liaison d'ensemble non significative avec liaison particulière dans certaines classes : une ;
d) variation non corrélative : deux.

La nature et la fréquence des allèles blanc-noir chez ces descendances paraissent ici associées à des structures particulières aboutissant à des rendements inégaux. L'interprétation de cette association sera abordée à la suite des autres analyses effectuées dans ce croisement. Signalons seulement que la différence de coloration entre les parents est monogénique avec une dominance presque complète de l'allèle noir. Un examen soigneux des homozygotes noirs reconnaît cependant l'intervention de modificateurs. Il s'agirait donc d'un complexe génique dont l'expression majeure est monofactorielle.

Après l'analyse générale et sa critique par celle des croisements composant l'ensemble on pouvait envisager de considérer chaque croisement comme la seule unité valable. Les indications apportées par l'étude de deux croisements établissent l'existence de groupes d'hybrides qui, issus des mêmes parents ne seraient pas justiciables des mêmes critères de sélection. Le caractère fortuit d'une telle situation ne pouvait d'emblée être affirmé. Il fallait en établir la signification et le parti qu'on pourrait éventuellement en tirer pour l'amélioration de notre matériel.

IV. MODIFICATION DE CERTAINES STRUCTURES DU RENDEMENT EN DIVERSES CONDITIONS

Les structures du rendement semblent ne pouvoir être considérées qu'en fonction du terrain génétique qui y contribue et qu'elles expriment. Le croisement *Pendek* × *Ariane* se prête particulièrement au repérage des modifications de structure dans des contextes génétiques précisés par la fréquence des allèles de coloration des glumelles. Le rôle du milieu génétique, du milieu écologique et leur interférence dans la structure du rendement pourront être mieux appréciés.

1. — *Générations consécutives : le rendement de F_3 en F_5 sans sélection artificielle.* (Essai G).

La disjonction et l'inégale fertilité des génotypes dans les populations hybrides font de la succession des générations une cause primordiale de modification du terrain génétique. On évaluera, en dehors d'une sélection contrôlée, la portée des classements de rendement d'un certain nombre de descendances au cours de générations consécutives.

Un micro-essai a été effectué en 1962 avec la participation des générations F_3, F_4 et F_5 non sélectionnées, de 14 descendances de *Pendek* × *Ariane*. Elles avaient, été retenues d'après les disponibilités en semence. L'échantillon s'est avéré assez représentatif du croisement. Dans les essais réalisés pour l'ensemble du croisement le rendement moyen des quatorze descendances de cet échantillon correspondit, en 1961, à 100,6 p. 100 et, en 1962, à 100,3 p. 100 de la moyenne générale. Il comportait deux homozygotes noirs et trois homozygotes blancs pour les allèles de coloration des glumelles.

Descendances et parents constituaient un dispositif du type « split-plot » à trois répétitions. La parcelle élémentaire (génération) était une ligne de 1,50 m semée à 250 plantes au mètre carré. La parcelle principale (descendance ou parent) correspondait à trois lignes.

L'analyse commune des parents et des descendances n'est possible qu'au niveau des parcelles principales. Elle établit l'existence de différences significatives dans le matériel. Mais aucune descendance n'est supérieure aux parents dont les rendements sont d'ailleurs équivalents.

L'analyse indépendante des familles aboutit au tableau 3.

Les erreurs résiduelles sont élevées : la plus petite différence significative entre descendances atteint 12 p. 100 de la moyenne générale. La dimension extrême de la parcelle élémentaire et le petit nombre de répétitions ne doivent pas être oubliés. Quoi qu'il en soit, la signification des différences entre descendances et entre générations, la non signification de leur interaction établissent, à ce niveau de précision, l'héritabilité et la variation du rendement à travers les générations F_3-F_4-F_5.

Les analyses de variance et de covariance conduites selon la technique de WALLACE et *al.* (1954) aboutissent aux estimations suivantes des corrélations phénoty-

piques (σ_P), des corrélations génotypiques (σ_G) et de l'héritabilité (H) du rendement entre générations :

	σ_P	σ_G	H
F_3/F_4	+ 0,23	+ 0,22	24 p. 100
F_4/F_5	+ 0,40	+ 0,58	70 p. 100

Dans la mesure où de tels résultats auraient une portée générale, l'estimation du rendement en F_3 serait prématurée alors qu'en F_4 plus des deux tiers des familles seraient caractérisables à cet égard.

TABLEAU 3

Analyse de la variance de descendances F_3, F_4, F_5
de Pendek × Ariane *en micro-essai* (1962)
(Essai G)

Origines	Variances	Degrés de liberté	Signification (P = 0,05)
Descendances	1 137	13	S
Bloc	884	2	NS
Erreur *a*	538	26	
Génération.....................	1 902	2	S
Génération × Descendance	459	26	NS
Erreur *b*	318	56	

Le classement des rendements moyens des générations est singulier : $F_3 < F_4 > F_5$, avec $F_3 = F_5$. Deux processus connus ont pu contribuer, ensemble ou isolément à ce classement. D'une part la faiblesse des effectifs mis en jeu ici est une cause vraisemblable d'altération des fréquences génotypiques dans ces populations hétérogènes. D'autre part l'expression des mélanges de génotypes n'est pas nécessairement une fonction linéaire de la fréquence de leurs composantes, surtout dans les conditions d'intense compétition réalisées dans ce micro-essai.

L'apport essentiel de cette expérimentation est d'avoir établi la bonne valeur d'une estimation en F_4 du rendement de descendances non sélectionnées. Un autre résultat doit cependant être souligné : l'équivalence des rendements parentaux. Il correspond aux indications du réseau national d'expérimentation de l'INRA : sur quatre années et une quarantaine d'essais les rendements de *Pendeck* et *Ariane* ne sont pas significativement distincts. La différence observée à Versailles en 1961 serait donc une fluctuation locale temporaire. Par contre entre le classement en F_4 des descendances dans ce micro-essai et leur classement en 1961 il y a une corrélation notable, $r = + 0{,}41$, mais non significative ($r = + 0{,}44$ à $P = 0{,}10$). Étant donné la faible précision du micro-essai il serait imprudent d'en tirer un argument.

L'analyse morphologique du rendement de ce micro-essai n'a pu être effectuée et la comparaison des structures de générations consécutives a dû se faire en deux années successives. Elle peut être tributaire d'une interaction entre la génération

et l'année, on examinera préalablement les effets éventuels d'années différentes sur un matériel fixé ou à une même génération.

2. — *Effets de l'année sur le rendement et sa structure*

Une partie du matériel de fixation complète ou très avancée figurant dans l'essai de 1959 analysé au début a été repris en 1960. La génération F_4 non sélectionnée cultivée en 1961 a été remise en culture en 1962. Quelques effets directs de l'année d'observation pourront en être déduits.

a) *Comportement de lignées fixées ou presque fixées en* 1959 *et* 1960. (Essais A et B).

Onze lignées de l'essai de 1959 ont pu être analysées en 1960. C'étaient des hybrides F_7 *Bonham* × *Ariane* (4), F_7 *Garry* × *Ariane* (3) et les variétés *Ariane, Blanche de Wattines, Flamande, Pendek.*

TABLEAU 4

Corrélations sur deux années entre composantes et rendements de lignées fixées
(Essais A et B)

		L	E	FE	F	G
Composantes × Rendement	1959	+·23	—·18	—·04	—·47	+·30
	1960	+·32	**—·67**	**+·83**	(—·56)	**+·66**
Composantes × Composantes	1959 1960	**+·96**	**+·94**	**+·80**	**+·96**	**+·94**

Le tableau 4 permet d'apprécier les relations entre les valeurs biométriques de la panicule principale en 1959 et celles de 1960, et les relations entre ces valeurs et les rendements correspondants. Il n'y a pas d'effet de l'année dans le classement des caractéristiques biométriques de la panicule. Mais la dépendance du rendement à leur égard est fonction de l'année, aucune corrélation n'existant entre les rendements des deux années ($r = + 0{,}073$).

b) *Analyse de la culture de descendances* F_4 *en* 1962 *à partir des composantes observées en* 1961. (Essais C et E).

Une deuxième fraction de la semence utilisée en 1961 a été reprise en 1962. Chaque descendance F_4 était représentée dans trois répétitions des parcelles des descendances correspondantes de l'essai « F_5 sélectionnée » par une ligne, la septième. On admettra ici que cette disposition particulière n'a pas altéré systématiquement une série donnée de familles.

L'analyse a utilisé les valeurs des composantes établies en 1961. Ses résultats ainsi que ceux de la comparaison des classements des rendements de 1961 et de 1962 font l'objet du tableau 5.

TABLEAU 5

Analyse de la F_4 Pendek × Ariane (*culture* 1962)
(Essai E)

			Classe I	Classe V	Homozygotes	Hétérozygotes	Ensemble
Corrélations	Composantes 1961 × Rendement 1962	T	—·**69**	+·35	—·38	—·13	—·19
		P	—·08	—·17	—·30	+·**52**	(+·26)
		L	+·06	+·52	+·21	+·**47**	+·**48**
		E	+·30	+·61	+·02	+·**58**	+·**37**
		FE	+·23	+·08	—·05	+·24	+·09
		F	—·28	+·42	—·05	+·**56**	+·**34**
		G	+·11	—·45	—·05	+·17	+·05
Rendement		$\bar{x}$ 1962	40,4	42,7	41,5	40,4	40,8
		r 1961 × 1962	+·45	+·42	+·05	+·**37**	(+·25)

Deux caractéristiques des résultats rattachent le comportement de l'ensemble du matériel en 1962 à celui de l'année précédente.

En premier lieu il est aisé de rendre compte du rendement à partir des composantes précédemment observées. Les relations entre composantes et rendements ne diffèrent que pour le nombre de fleurs fertiles par épillet.

En second lieu il y a correspondance dans les classements des rendements. Mais cette correspondance est faible en calcul d'ensemble direct ($P(x) = 0{,}08$), alors que la combinaison des corrélations des cinq classes, toutes positives et du même ordre de grandeur conduit à $r' = + 0{,}476$, hautement significatif. Cette particularité doit être rapprochée des valeurs des corrélations directes dans les groupes « homozygotes » et « hétérozygotes ». La première est nulle. La seconde est significative. Ces différences s'expliquent si on admet qu'au sein des classes distinctes pour les allèles de coloration des glumelles il y a des corrélations homologues mais non identiques. L'homologie entraîne la valeur élevée de r', la non identité minimise le coefficient d'ensemble direct et annule le coefficient direct dans le groupe « homozygote ». *La stabilité relative des rendements est donc accrue par la considération des génotypes incluant des combinaisons alléliques distinctes pour la coloration des glumelles.*

Il n'en est pas de même pour les liaisons entre composantes et rendements au niveau des groupes et des classes. Dans le groupe « hétérozygotes », à la rareté des corrélations significatives en 1961 succède une multiplicité de corrélations assez étroites. Inversement, il y a moins d'homogénéité qu'en 1961 dans les corrélations des classes homozygotes. Vraisemblablement, l'ajustement, admis par principe, des composantes de la culture de 1962 aux composantes de la culture suivante, laisse une marge d'erreur.

Si l'ordre d'ensemble et surtout l'ordre intraclasse des rendements ne semblent pas avoir été significativement changé, l'ordre interclasse de 1961 lui, a totalement disparu : la classe I avec 40,4 q/ha n'atteint pas les 42,7 q/ha de la classe V.

Ce renversement doit être confronté avec les rendements parentaux : 42,5 q/ha pour *Pendek* et 37,1 q/ha pour *Ariane*. La faible précision due à la dimension de la parcelle s'oppose à la signification de ces écarts. Il est néanmoins remarquable que le rapprochement des rendements moyens n'ait pas uniformisé dans toutes les classes la structure du rendement. Une homogénéisation apparaît chez les « hétérozygotes ». C'est le contraire chez les « homozygotes ». Chez ces descendances la réalisation d'un meilleur rendement qu'en 1961 aurait mis en jeu des structures, d'expression souvent distincte de celle observée cette année-là, mais liées de même à la nature des allèles de coloration des glumelles.

L'étude de ces répétitions dans le temps de matériels fixés et non fixés conduit à trois conclusions :

1° La stabilité relative des composantes est indépendante de celle des rendements et peut lui être supérieure.

2° L'intensité des liaisons de structure du rendement d'un matériel peut changer avec l'année.

3° Les tendances divergentes d'un matériel peuvent avec les années se manifester différemment dans la structure du rendement.

3. — *Structure du rendement en F_4* (1961, Essai C) *et en F_5* (1962, Essai D) *sans sélection*

L'essai des familles F_5 « non sélectionnées », analysé à Versailles en 1962, comportait huit homozygotes noirs provenant de la classe I et cinq homozygotes blancs provenant de la classe V de 1961. Bien que la moyenne générale des rendements ait atteint 48 q/ha, l'essai fut encore imprécis.

La rémanence accidentelle et irrégulière d'un traitement à base d'atrazine effectué dans la culture précédente en fut partiellement responsable. Cette imprécision enlève également toute signification aux faibles écarts relevés entre le rendement de *Pendek* (48,6 q/ha) et celui d'*Ariane* (47,4 q/ha), entre le rendement moyen des homozygotes blancs (48,3 q/ha) et celui des homozygotes noirs (48,5 q/ha).

En ce qui concerne la structure du rendement, aucune corrélation d'ensemble significative n'a été obtenue entre composantes et rendement. La relation la moins négligeable serait celle entre la longueur de la panicule et le rendement : $r = + 0{,}40$, dont la probabilité est de l'ordre de 0,15. L'intérêt de cette relation s'accroît cependant si on considère des estimations distinctes pour les deux classes d'homozygotes. On a $r = + 0{,}39$ ($P(x) = 0{,}31$) pour la classe I, et $r = + 0{,}89$ ($P(x) < 0{,}02$) pour la classe V. On reconnaît l'hétérogénéité structurale associée aux allèles de coloration.

Considérons maintenant les corrélations entre valeurs F_4 et valeurs F_5 pour les composantes et pour les rendements des deux classes et des treize familles (tabl. 6). Les relations d'ensemble se superposent à des liaisons divergentes (rendement, nombre d'épillets) ou considérablement inégales (nombre de fleurs fertiles par épillet). Une seule liaison offre une homogénéité acceptable, celle entre les valeurs F_4 et F_5 du poids moyen du grain.

Si on compare les rendements de cette culture F_5 à ceux de la culture, voisine,

de la F_4 en 1962, on ne trouve pas les mêmes relations. Celles-ci sont statistiquement nulles, et de signe négatif. Aucune différence n'existe entre les classes à cet égard.

Les analyses précédentes ont montré que l'expression des structures du rendement peut être modifiée par l'année. Mais les modifications n'ont pas amené une uniformisation d'expression dans le matériel hybride. Le changement de génération peut aussi conduire à de nouvelles manifestations des tendances divergentes. Par rapport à la génération F_4 cultivée en 1961, la génération F_5 semble intensifier des divergences de comportement ; mais il y a peut-être là une « synergie » année + génération. L'indépendance des comportements de cette F_5 à l'égard de la culture F_4 de 1962, où la permanence d'hétérogénéités, établies en 1961, a bien été démontrée, s'expliquerait par la différence des conditions de compétition. On évoquera plus loin les possibilités d'interaction entre ces conditions et le génotype du matériel.

TABLEAU 6

Corrélations entre F_4 et F_5 non sélectionnées (Pendek × Ariane)
(Essais C et E)

	T	P	L	E	FE	F	G	Rendement 1961 (F_4)	Rendement 1962
Classe I	+·33	—·51	+·27	(+·64)	**+·71**	+·27	(+·65)	**+·93**	—·26
Classe V	—·60	—·42	—·20	—·20	+·08	—·08	+·40	**—·95**	—·29
T + V	—·10	—·20	+·17	+·20	**+·57**	+·09	**+·59**	(+·54)	—·25

4. — *L'intervention de la sélection* (Essais D et E)

On comparera les données des essais des descendances F_5 non sélectionnées et sélectionnées réalisés à Versailles en 1962. Les principaux aspects de la sélection effectuée *dans chaque descendance* sont rappelés ci-après :

1° Dans la culture F_3 un quart du nombre total de panicules principales a été prélevé au hasard.

2° Après battage individuel une sélection visuelle, tenant compte de la fertilité de la panicule, de l'absence d'échaudage et de pruine, a retenu cinq à dix panicules.

3° Dans la culture généalogique F_4 la récolte d'une ou deux lignes a été réservée à la semence de la culture généalogique F_5, le reste constituant la semence de l'essai mis en place à Versailles en 1962.

La végétation de l'essai fut assez bonne en dépit de quelques irrégularités dues à l'atrazine et d'attaques faibles et générales d'Oïdium (*Erysiphe graminis*) et de Septoriose (*Leptosphaeria avenaria*). Le rendement moyen fut de 42,6 q/ha. La précision de l'essai, moins mauvaise que celle des précédents, n'accorde cependant pas de signification aux écarts entre rendements des parents (43,0 q/ha pour *Pendek* et 40,1 q/ha pour *Ariane*) ni à ceux entre rendements moyens des classes I (43,2 q/ha) et V (44,2 q/ha).

TABLEAU 7

Niveau et classement des composantes et des rendements en F_5 à la suite d'une sélection en F_3F_4 des panicules de Pendek × Ariane
(Essais D et E)

	Niveau de départ (1) et progrès des valeurs (2)						Corrélations
	1	2	1	2	1	2	
T	97,4	2,7	95,4	3,2	96,6	2,9	+·04 (1)
P	98,1	13,4	98,8	17,9	98,4	15,1	—·22
L	100,0	5,3	104,1	3,3	101,6	4,5	+·37
E	90,4	6,2	96,2	5,6	92,6	4,0	(+·53)
FE	100,9	4,5	94,2	6,6	98,3	5,4	+·**71**
F	94,5	10,4	94,5	11,4	94,5	10,8	+·14
G	102,9	3,7	103,3	4,9	103,1	4,1	+·**81**
Rdt	100,6	4,1	101,1	6,5	100,8	5,0	+·**63**
	Classe I		Classe V		I + V		

N. B. — Niveau (1) et progrès (2) sont en pourcentages tirés des valeurs des descendances comparées à la moyenne des parents.

(1) $r = + 0{,}523$ ($P(x) = 0{,}10$) pour 11 familles.

Le tableau 7 permet d'apprécier les effets de la sélection sur le niveau des rendements et celui des composantes. Il n'est pas impossible que la différence entre rendements moyens des deux essais puisse jouer dans l'orientation de certaines valeurs. Trois catégories de faits semblent pouvoir être retenues :

1° La sélection effectuée sur la panicule a été profitable au rendement, et directement puisque c'est le poids de la panicule (et dans celle-ci le nombre de fleurs fertiles) qui présente l'accroissement maximum. Cependant l'excès de ce dernier sur celui du rendement indique qu'il y a eu compensation. Comme il y a augmentation du tallage également, il faut admettre que cette compensation s'est effectuée par une réduction de la fertilité des panicules secondaires. (De même, une plus grande fertilité des panicules secondaires expliquerait l'équivalence entre le rendement de la F_5 non sélectionnée et celui des parents, en dépit de l'infériorité du tallage et du poids de la panicule principale chez les descendances).

2° Dans le matériel non sélectionné les moyennes des classes sont inégales : la classe V semble relativement avantagée par la longueur de la panicule et le nombre d'épillets, la classe I par le tallage et la fertilité de l'épillet.

3° La réponse à la sélection n'est pas la même dans les deux classes. Elle est globalement meilleure (rendement, poids de la panicule) en classe V ; on peut noter un progrès plus net en classe I pour la longueur de la panicule et le nombre d'épillets où la déficience de cette classe était plus nette : ici, la sélection réduit l'écart entre les classes.

Qu'apporte cette sélection dans le classement des rendements et des composantes ? Le tableau 7 le résume. Seules les valeurs pour l'ensemble des homozygotes sont données. Les classes ont constitué un ensemble homogène de ce point de vue. Deux aspects de ces résultats sont à souligner : les indépendances les plus nettes concernent les caractéristiques ayant le mieux répondu à la sélection (poids de la panicule, nombre de fleurs fertiles total) ; la réponse à la sélection a été de même intensité en moyenne dans chaque descendance puisque l'ordre des rendements n'est pas significativement affecté.

Ces résultats ne concernent que les homozygotes pour la couleur des glumelles et il serait aventuré de les transposer sans précaution chez les hétérozygotes. Il n'est d'ailleurs pas interdit d'attribuer à une hétérozygotie plus grande à l'égard d'autres caractères la légère infériorité des réponses à la sélection dans la classe I. Des précisions seront indirectement apportées au comportement des hétérozygotes en sélection à travers d'autres comparaisons.

5. — *Modifications de la F_4 non sélectionnée à la F_5 sélectionnée* (Essais C et E)

La comparaison de la culture F_4 non sélectionnée de 1961 avec celle de la F_5 sélectionnée de 1962 cumule les effets directs et les interactions de la génération, de l'année, de la sélection, et peut-être encore du sol bien que les deux essais aient eu lieu dans la même localité. Les études précédentes permettent d'atténuer les biais inévitables d'un cumul qui est cependant dans la routine de la sélection des céréales autogames.

Il faut en effet considérer avec beaucoup de circonspection la comparaison, séduisante au premier abord, de la culture F_4 non sélectionnée reprise en 1962, avec celle de la F_5 sélectionnée au sein de laquelle on l'avait mise. C'est surtout à l'égard du niveau du rendement qu'une interaction génotype $\times$ emplacement semble possible. Pour les 48 descendances représentées dans trois répétitions par six lignes de F_5 et une septième ligne de F_4, le rendement moyen de cette ligne est égal à 96 p.100 du rendement moyen des autres. Mais pour six descendances F_5 et quatre variétés fixées dont les sept lignes étaient identiques, la septième ligne n'atteint que 89 p. 100 du reste. S'agit-il d'une manifestation d'aptitude à la compétition des populations riches en hétérozygotes ? Il n'a pas été possible d'en décider.

Le tableau 8 permettra de voir que l'indépendance entre F_4 et F_5 sélectionnée pour les classements de rendement est aussi grande sur l'ensemble quelle que soit la culture de référence. Dans les deux cas une faible corrélation, non significative existe pour les homozygotes, en classe I.

Si on compare les tableaux 8 et 11, on retrouvera en F_5 sélectionnée certaines liaisons observées en F_4 entre composantes et rendements sur l'ensemble et les homozygotes (poids de la panicule pour ceux-ci) mais à l'indépendance quasi générale chez les hétérozygotes a fait place une multiplicité des liaisons significatives. On peut

reconnaître dans ce dernier changement une des possibilités d'intervention de l'année, dégagée précédemment. Par contre, dans l'indépendance entre les rendements de deux générations, le rôle principal revient sans doute à la sélection. Il n'aura pas échappé qu'à travers elle se manifeste ici encore l'existence des tendances structurales divergentes associées aux allèles de coloration des glumelles, notamment pour la dépendance du rendement à l'égard du tallage, de la longueur de la panicule et du nombre d'épillets.

TABLEAU 8

Composantes du rendement et rendement en F_5 sélectionnée
(Essai E)
Relations avec la F_4 non sélectionnée
(Essais C et E)

		T	P	L	E	FE	F	G	× Rendement F_4 1961	× Rendement F_4 1962
Classe I	*a*	+·60	+·30	+·03	—·29	+·22	—·09	+·**68**	+·32	+·42
	b	+·02	+·48	+·61	+·**80**	·00	+·**78**	+·59		
Classe V	*a*	+·02	+·58	+·**68**	+·44	—·03	+·45	+·22	—·05	+·13
	b	+·09	—·21	+·**79**	+·50	—·47	—·05	+·**73**		
Homozygotes	*a*	+·27	(+·42)	+·35	+·04	+·04	—·20	+·**55**	—·02	+·33
	b	+·19	—·02	+·**70**	+·18	—·23	(+·52)	+·**60**		
Hétérozygotes	*a*	—·**61**	+·**56**	+·25	+·**42**	+·11	+·**45**	—·16	+·09	—·14
	b	+·**50**	+·**56**	+·**67**	+·**41**	+·14	+·**76**	+·**45**		
Ensemble	*a*	—·**35**	+·**44**	+·**36**	+·**28**	+·17	+·**29**	+·15	+·07	+·80
	b	(+·29)	—·06	+·**65**	+·**44**	+·03	+·**68**	+·**50**		

a = Composantes F_5 × Rendement F_5 *b* = Composantes F_4 × Composantes F_5

6. — *Analyse locale et rendement multilocal* (Essai D)

L'essai comportant les treize familles F_5 « non sélectionnées » se trouvait en 1962 à Versailles (Seine-et-Oise), La Minière (Seine-et-Oise), Rennes (Ille-et-Vilaine), Angiens (Seine-Maritime) et Baralle (Pas-de-Calais). L'analyse du rendement ne fut effectué qu'à Versailles.

Parmi les dix comparaisons indépendantes des séries de rendement des cinq localités, une seule témoigne d'une corrélation significative. Les rendements moyens des descendances représentent donc leur possibilité d'adaptation sur une aire culturale assez variée, dans de bonnes conditions, puisque la moyenne générale des rendements est de 46 q/ha.

Le tableau 9 donne la valeur des corrélations existant entre les rendements moyens des descendances et les composantes observées à Versailles. Les tendances divergentes habituelles se retrouvent, dans le tallage, le nombre d'épillets, le nombre de fleurs fertiles par épillet.

TABLEAU 9

Analyse par les composantes observées à Versailles du rendement en cinq localités de la F_5 Pendek × Ariane
(Essai D)

	T	P	L	E	FE	F	G
Classe I	+·47	+·33	+·69	—·33	+·43	+·15	+·**78**
Classe V	—·**99**	+·71	+·29	+·**86**	—·80	+·69	+·47
I + V	+·05	+·34	+·**72**	+·05	—·06	—·00	+·**73**

Mais deux liaisons d'ensemble importantes apparaissent, mettant en jeu la longueur de la panicule et le poids du grain. Les variations de ces deux composantes étant très indépendantes, il est possible d'établir un coefficient de corrélation multiple qui met en évidence le contrôle de 80 p. 100 de la variance du rendement de ces descendances en cinq localités par les variations associées des deux facteurs observés à Versailles.

Si on se rappelle qu'aucune liaison d'ensemble n'avait été reconnue significative à Versailles, dans ce même matériel, on y verra que la structure du rendement de descendances hybrides observée en un lieu peut être indifférente au rendement local et rendre parfaitement compte de leurs performances sur une aire plus vaste.

V. ESSAI DE SYNTHÈSE ET D'EXPLICATION DES CORRÉLATIONS

La diversité et l'importance de la fluctuation des corrélations peuvent faire douter de l'intérêt de l'analyse morphologique et masquer la signification génétique de certaines situations. L'analyse du croisement *Pendek × Ariane* a été assez détaillée pour y trouver des éléments d'une synthèse et les bases d'un essai d'explication.

1. — *Valeur des composantes morphologiques dans le croisement* Pendek × Ariane

La dernière étude a montré que plusieurs évaluations du rendement peuvent être nécessaires à la valorisation d'une seule observation des composantes. Nous avons mis en parallèle (tabl. 10) les corrélations entre composantes F_4 non sélectionnées de 1961 et moyennes des rendements F4 de 1961 et 1962, les corrélations

entre composantes F_5 non sélectionnées observées à Versailles et moyennes des rendements sur cinq stations, les corrélations entre composantes et rendements de la F_5 sélectionnée. Le bilan des relations entre les facteurs étudiés et les rendements s'établit comme suit (les classes demeurent celles définies plus haut).

TABLEAU 10

Les corrélations entre composantes et rendement dans le croisement Pendek × *Ariane*

		T	P	L	E	FE	F	G
Homozygotes « noirs »	1	—·**81**	+·30	+·11	—·16	—·51	—·08	+·17
	2	+·47	+·33	+·69	—·33	+·43	+·15	+·**78**
	3	+·60	+·30	+·03	—·29	+·22	—·09	+·**68**
Homozygotes « blancs »	1	+·40	—·36	+·52	+·**75**	+·05	+·58	(—·63)
	2	—·**99**	+·71	+·29	(+·86)	—·80	+·69	+·47
	3	+·02	+·58	+·**68**	+·44	—·03	+·45	+·22
Homozygotes	1	—·04	+·19	(+·45)	(+·45)	+·05	+·40	—·26
	2	+·05	+·34	+·**72**	+·05	—·06	—·00	+·**73**
	3	+·28	+·42	+·35	+·04	+·04	—·20	+·55
Hétérozygotes	1	—·10	+·**46**	+·**41**	+·**59**	+·**41**	+·**53**	+·12
	3	—·**61**	+·**56**	+·25	+·**42**	+·11	+·**45**	—·16
Ensemble	1	—·03	+·**36**	+·**41**	+·**46**	+·25	+·**48**	(—·27)
	3	—·**35**	+·**44**	+·**36**	+·**28**	+·17	+·**29**	+·15

1 = F_4 sur deux années ; 2 = F_5 non sélectionnées éprouvées en 5 localités ; 3 = F_5 sélectionnée.

Tallage.

La liaison est très fluctuante. L'opposition des classes I et V y est significative au seuil 0,02 en F_4, au seuil 0,01 en F_5 non sélectionnée. Seules des liaisons négatives sont significatives entre ce facteur et le rendement.

Poids de la panicule.

La valeur négative de la liaison dans la classe V, en F_4, est l'exception. Toujours significative chez les hétérozygotes et dans l'ensemble, significative chez les homozygotes en F_5 sélectionnée, elle doit être utilisable dans la sélection du croisement.

Longueur de la panicule.

La corrélation est toujours positive. Mais elle paraît assez fluctuante quoique toujours significative sur l'ensemble. Son usage prudent paraît souhaitable : l'homo-

généité des coefficients est recevable au seuil 0,01 chez les homozygotes et au seuil 0, dans la classe V.

Nombre d'épillets.

C'est le type de la liaison nette sur l'ensemble et inexistante dans une catégorie allélique, la classe I. Dans la classe V par contre elle est homogène au seuil 0,02. L'opposition des deux classes est significative à 0,07 en F_4 et à 0,03 en F_5 non sélectionnée.

Nombre de fleurs fertiles par épillet.

La liaison est fluctuante et rarement significative.

Nombre total de fleurs par panicule.

Valable sur l'ensemble, la relation avec le rendement est très inégale chez les homozygotes.

Poids moyen du grain.

La corrélation est très fluctuante, sauf chez les homozygotes de la classe I où sa stabilité est significative au seuil 0,02.

La longueur et le poids de la panicule paraissent être les deux caractères utilisables sur l'ensemble du croisement sans trop d'interférences avec les terrains génétiques caractérisables par les allèles de coloration des glumelles. Une sélection précise sur le poids de la panicule a été conduite dans une descendance de F_4 en F_6. Elle a entraîné une élévation du rendement de 17,5 p. 100 (Essai H). D'autre part on reconnaît des corrélations significatives entre le poids moyen des panicules principales retenues en F_3 et le rendement de la descendance sélectionnée essayée en F_5 et en F_6. Cela sur l'ensemble du croisement (Essais E et I). Ces résultats s'accordent avec cette conclusion de MOULE (1964) que les « facteurs décisifs de la productivité chez l'Avoine de printemps, résident dans la panicule ». Dans certains matériels il peut y avoir une contribution positive du tallage (voir *Garry* × *A.M.B. 45*). La panicule principale demeure en général l'essentiel. Mais nous ne retrouvons pas à tous les niveaux, dans le matériel analysé, l'intérêt particulier reconnu, par MOULE et de nombreux auteurs, à la fertilité de la panicule. Les divergences secondaires dans la structure de la panicule elle-même existent dans le croisement et la sélection doit en tenir compte.

2. — *Rôle d'équilibres géniques dans la structure apparente du croisement* Pendek × Ariane

L'utilisation rationnelle, en sélection, des caractéristiques d'un matériel nécess la connaissance de leur valeur génétique. L'association entre des tendances structurales et des allèles de coloration paraît suffisamment héritable pour une telle utilisation. Mais l'étendue et les conditions d'utilisation dépendent des processus génétiques mis en cause dans cette association.

Plusieurs auteurs (notamment MATHER, 1949 ; ÉCOCHARD et HUET, 1961) ont évoqué la participation de la pléïotropie et du linkage dans l'association entre gènes majeurs de coloration et polygènes affectant le rendement. D'autre part, on

a signalé (McBride, 1958 ; Mérat, 1960) la dépendance de l'expression de liaisons génétiques à l'égard de certaines conditions de croissance. On ne saurait donc exclure ici, *a priori*, l'hypothèse de manifestations pléïotropiques ou de linkage qui ne seraient reproductibles qu'en conditions écologiques étroitement identiques. L'exacte répétition de celles-ci étant impossible, ce genre d'hypothèse peut sembler bien gratuit cependant et de plus il ne contribue aucunement au progrès de la sélection.

Il est possible, dans le cadre de la culture de 1961, de dégager une interprétation plus féconde de l'association observée. En effet, s'il y avait alors une liaison génétique particulièrement serrée entre rendement et coloration des glumelles, elle pourrait se manifester au sein des éléments de descendances hétérozygotes, les phénotypes à glumelles noires étant plus productifs que ceux à glumelles blanches.

Deux échantillons de 44 plantes ont été considérés parallèlement à partir de 22 descendances hétérozygotes, à raison de deux plantes de chaque phénotype par famille. Étant donné la nature des échantillons c'est le rendement par plante qui est envisagé : les calculs entrepris (1) ont conduit aux résultats suivants :

1° Aucune des fonctions discriminantes de Fischer obtenues à partir des composantes ne permet de distinguer les échantillons.

2° Les coefficients de régression et de corrélation entre composantes et rendement ou entre composantes sont systématiquement plus élevés dans l'échantillon à glumelles blanches.

3° Il y a des différences significatives entre échantillons pour les corrélations incluant le nombre d'épillets par panicule et pour la régression du rendement sur la longueur de la panicule.

La concordance de ces données avec les résultats généraux est remarquable : différence de participation de la longueur de la panicule et du nombre d'épillets au rendement, équivalence globale des structures. Ainsi, à la même génération et dans la même culture les relations de base sont discernables chez les hétérozygotes tandis que chez les homozygotes prédominent des relations particulières. Cela ne pourrait-il pas s'interpréter comme l'effet de différences d'équilibre génique entre les descendances précocement fixées et celles de fixation ultérieure ?

Le rôle de l'équilibre des combinaisons géniques marginales, dans la manifestation de corrélations génétiques « non vraies » a été étudié par Le Roy (1962) notamment. L'échantillon de la génération F_4 mis en essai peut être assimilé à une population en équilibre génique marginal, pour les allèles de coloration des glumelles. Des allèles régissant les aptitudes culturales en cause sont pu atteindre le même niveau d'homozygotie. S'il n'y a pas eu combinaison aléatoire de ces deux groupes d'allèles, il y a, à cette génération, dans cette culture, disproportion des combinaisons couleur × rendement, d'une région marginale à l'autre. Très schématiquement, avec comme unité de rendement la moyenne des rendements des 20 homozygotes en F_4, on aurait 7 « noir-productif » (w), 3 « noir-improductif » (x), 3 « blanc-productif » (y), 7 « blanc-improductif » (z) et on obtiendrait la relation $wz - xy = o$. Cette relation est caractéristique de la présence d'une corrélation génétique « non vraie » dans une population en équilibre génique marginal (Le Roy).

Le caractère non aléatoire de certaines combinaisons dans le génotype des premiers homozygotes paraît donc plausible. Il expliquerait à la fois la netteté et le

(1) Les calculs de base ont été effectués par R. Wagner, Assistant à l'I. N. R. A.

particularisme des premières relations entre la couleur des glumelles et le rendement. Il laisserait à leur association une valeur plus souple qui s'accorderait avec l'ensemble des résultats et ouvrirait la voie à la sélection de meilleures recombinaisons dans les disjonctions les plus tardives.

VI. DISCUSSION GÉNÉRALE ET CONCLUSIONS

Avant de conclure il convient d'indiquer certains points particulièrement discutables concernant les techniques et le matériel mis à contribution.

Il a été fait un usage très étendu du coefficient de corrélation dans l'estimation des structures du rendement. Si cette technique offrait des avantages de calcul certains, l'interprétation du coefficient de corrélation peut être critiquée. Il chiffre la covariation d'une série double sans qu'on puisse en déduire laquelle est cause, laquelle effet. C'est seulement dans l'hypothèse que l'analyse morphologique du rendement est une analyse causale, et non le dénombrement d'éléments, que le repérage de *facteurs* du rendement par le coefficient de corrélation est recevable. Mais ce « repérage » est encore contestable en ce sens qu'il ne peut jamais être exclu qu'une covariation soit le double effet d'une cause commune.

Un autre aspect des systèmes corrélatifs peut sembler avoir été négligé. Il s'agit de covariation des facteurs du rendement. Il en a été tenu compte dans le calcul des corrélations et régressions multiples mentionnées. Mais l'étude de ces covariations a peu de sens en dehors d'interprétations physiologiques. C'est ainsi que le maintien du classement des composantes avec altération de celui du rendement sera mieux éclairé et confronté avec les concepts « d'épistasie géométrique » (FREY, 1959 *e*) dans le cadre de l'analyse physiologique du rendement.

Les limites apparemment les plus certaines des corrélations présentées sont des limites génétiques. A une seule exception près, il n'a été fait usage que de corrélations phénotypiques, intégrant les covariations génotypiques et écologiques. On remarquera toutefois que dans les travaux où sont données parallèlement les corrélations phénotypiques et génotypiques, elles se révèlent presque toujours du même ordre de grandeur et de même signe (WALLACE et *al.*, 1954; SCOSSIROLI et *al.*, 1962). On ne saurait en déduire que les variations observées auraient été aussi considérables avec des valeurs génotypiques. Ce qui est sûr c'est que la compréhension de telles variations demeure encore extérieure aux possibilités de l'analyse génique classique.

Parmi beaucoup d'autres, LEWIS (1954), MATHER (1955) ont souligné l'insuffisance actuelle des concepts d'analyse de l'interaction génotype × milieu : il manquerait une synthèse des données de la génétique physiologique (aboutissement des interférences géniques liées à la croissance et au milieu) et des acquisitions de la génétique quantitative. C'est ainsi que l'utilisation des variances et covariances du rendement sur des années, des localités et des générations distinctes, selon le modèle classique de COMSTOCK, ROBINSON et HARVEY, conduit à une impasse dans l'appréciation de l'héritabilité du rendement si la covariance année est négative. Ce fut le cas avec les données du croisement *Pendek* × *Ariane*. Il fut impossible d'établir à partir de nos variations phénotypiques une variance génétique du rendement telle que la définissent les nombreux auteurs cités par DICKERSON (1962). L'imprécision de nos

essais en est une cause partielle. Mais elle n'empêche pas cependant de préciser par des corrélations « phénotypiques » la réalité de l'héritabilité des rendements en fonction de certains génotypes et de certains milieux : le tableau II montre une stabilité du classement des descendances à glumelles noires qui témoigne de l'adaptation de ces biotypes à l'aire culturale où ils sont sélectionnés.

TABLEAU II

Corrélations entre les rendements des sélections F_5 de Pendek × Ariane *et les rendements moyens en F_4 et F_5 non sélectionnées*
(Essais D et E)

	Classe I	Classe V	Homozygotes	Hétérozygotes	Ensemble
F_4 deux années	**+·75**	+·07	+·26	—·03	+·11
F_5 cinq localités	**+·73**	+·21	**+·63**	—	—

Les résultats acquis dans ces conditions ont donc une valeur génétique. Mais peut-on en déduire des techniques applicables à d'autres matériels ?

La variété de base de notre système de sélection est à glumelles noires et la plupart des résistances à lui apporter ont leurs origines dans des géniteurs étrangers à glumelles claires. Sauf chez LEWICKI (1929) et AKERMAN (1954) les différences observées entre avoines noires et avoines blanches n'ont pas été attribuées à des structures physiologiques fondamentalement distinctes. MOULE (1964) y voit surtout le reflet de niveaux de sélection inégaux. La possibilité de tendances structurales liées à la coloration des glumelles ressort nettement ici.

Certes la liaison entre des allèles de coloration et des aspects structuraux de populations hybrides constitue un problème dont la solution complète manque encore. Mais WIEBE et *al.*, (1962) ont signalé chez l'Orge des différences d'aptitude à la compétition de génotypes distincts seulement par la couleur de leur aleurone. Par ailleurs LEWICKI a insisté sur la valeur des phlobaphènes (dérivés très oxydés de tanins catéchiques, donnant la coloration noire aux glumelles) dans la souplesse des biotypes d'Avoine noire par leur intervention dans les processus respiratoires. Et GRAFIUS (1959) a établi le rôle de la réponse à la température nocturne (réponse impliquant largement l'activité respiratoire) dans l'adaptation des génotypes d'Avoine. Les maillons de la chaîne existent donc si leur soudure reste à faire.

Les résultats obtenus justifieraient l'utilisation dans notre sélection de la coloration des glumelles comme « marqueurs » susceptibles de faciliter la conservation dans le système de convergence d'une diversité de structures profitable à la recherche d'adaptations plus larges. Plus généralement enfin, la recherche de structures divergentes associées à des gènes majeurs au sein de tout croisement pourrait être l'application la meilleure de l'analyse morphologique du rendement.

On conclura en rappelant les principaux résultats de ces analyses :

1º L'étude des corrélations phénotypiques entre les composantes morphologiques du rendement et le rendement met en évidence :

— l'insuffisance de corrélations établies sur des ensembles variétaux dans l'orientation pratique de la sélection de croisement précis ;

— la possibilité de tendances structurales divergentes à l'intérieur d'un même croisement ;

— la valeur de corrélations faibles mais constantes dans le progrès de la sélection.

2º La structure morphologique du rendement observée dans une culture peut avoir une portée générale sans rendre compte du comportement particulier de la culture d'observation.

3º La structure morphologique du rendement peut être associée à des gènes majeurs d'expression morphologique simple affectant par exemple la longueur de la panicule ou la couleur des glumelles.

4º Les équilibres géniques des homozygotes précocement fixés peuvent présenter des déviations significatives en direction des parents par rapport aux homozygotes de disjonction ultérieure (combinaison couleur × rendement).

5º La valeur des cultures de mélanges d'hybrides pour la désignation des meilleures descendances est fonction des génotypes et du milieu cultural ; les résultats conduisent seulement à recommander l'expérimentation multilocale.

Reçu pour publication en juin 1964.

SUMMARY

YIELD ANALYSIS AND SELECTION FOR PRODUCTIVITY. RESEARCH WITH SPRING OATS. II. MORPHOLOGICAL YIELD ANALYSIS

1. The progenies of five crosses of spring oats and seventeen fixed varieties made up the material for morphological yield analysis. By using samples taken from trial plots, we studied the dependance of yield upon : useful tillering, length of panicle, number of spikelets, number of fertile flowers per spikelet, number of fertile flowers per panicle, and mean grain weight.

2. A general analysis was carried out with 63 hybrids from 4 crossings and 17 varieties. The general correlations obtained between components and yield were shown to be very unreliable when the correlations within individual crosses were taken into account.

3. Opposing features were observed in the structure of the same cross. These features may correspond to genic interactions (length and density of the panicle) or allelic interactions (colour of the lemna).

4. The modifications of yield and of yield structure were studied across different generations, years, localities, and levels of selection. The heritability of yield, all other conditions being equal, was satisfactory from F_4 to F_5. The relative stability of the components may be superior to that of yield.

In the whole of the cross *Pendek × Ariane*, and in different conditions, however, only the weight and perhaps the length of the panicle can be used in selection ; the opposing features « linked » with coloration alleles persisted across these conditions for tillering and number of spikelets.

5. Differences in genic balance between the homozygotes of successive segregations would play a part in the correlation of yield with the colour of the glumella. A physiological link seems possible between yield structure and lemna colour.

6. The alleles for the colour of the lemna could be thought of as structural « markers ». The morphological yield analysis will contribute to the detection of opposing features which are linked with other major genes. The diversity of genotypes necessary for the fundamental transgressions in convergent selection will thus be better preserved.

ZUSAMMENFASSUNG

ERTRAGS UND ZÜCHTUNGSANALYSE ZWECKS PRODUKTIVITÄT,
UNTERSUCHUNGEN BEI FRÜHJAHRSHAFER.
II. MORPHOLOGISCHE ANALYSE DES ERTRAGES

1° Die Abstammungen von fünf Kreuzungen von Frühjahrshafer und siebsehn Varietäten haben des Material für eine morphologische Analyse des Ertrages geliefert. Die Muster, die aus den Versuchsparzellen gewonnen wurden, haben die Untersuchungen des Anteils der Bestockung, der Rispenlänge, der Zahl von Ährchen und der fruchtbringenden Blüten pro Ährchen, der Zahl von fruchtbringenden Blüten pro Rispe und des Durchschnittgewichtes des Kornes an den Ertrag erlaubt.

2° Eine gesamte Analyse hat dreiundsechzig Hybriden betroffen, die zu vier Kreuzungen und siebzehn Varietäten gehören. Die Gesamtkorrelationen, zwischer Komponenten und Ertragen waren im Allgemeinen nicht zufriedenstellend, wenn man die sich auf Kreuzungen beziehenden Korrelationen betrachtet.

3° Divergente Entwicklungsrichtungen, die in der Struktur einer selben Kreuzung beobachtet wurden, könen auf gen- (Länge und Dichte der Rispe) oder allelebedingte Wechselwirkungen (Farbe der Spelzen) zurückzuführen sein.

4° Die Änderungen des Ertrages und dessen Struktur wurden nach Generationen Jahren, Gegenden und verschiedenen Auslesestufen untersucht. Die Erblichkeit des Ertrages, da alle Bedingungen übrigens gleich waren, ist für F4 und F5 zufriedenstellend. Die Komponenten können eine relative Stabilität beweisen, die höher ist, als die des Ertrages.

Aber auf das Ganze der Kreuzungen *Pendek* × *Ariane* und für die verschiedenen Umstände können nur das Gewicht-und vielleicht Rispenlänge für eine Auslese nützen : die divergenten Entwicklungen, die mit den Allelen der Farbe gebunden sind, herhalten die sich durch diese Umstände für die Bestockung und die Ährchenzahl.

5° Genbedingte Gleichgewirtsverschidenheiten zwischen den Homozygoten der nacheinander folgenden Dijunktionen können in der Korrelation Ertrag × Farbe der Spelze eine Rolle spielen. Eine physiologische Bindung zwischen der Ertragsstruktur und der Spelzenfarbe scheint nicht möglich.

6° Die Allelen der Färbung der Spelzen könnten unter Umständen als Strukturmarkierung betrachtet werden. Die Morphologische Analyse der Ertrages wird die divergenten Entwicklungen, die mit anderen vorherrschenden Genen gebunden sind, zu bestimmen erlauben. Die Vielfältigkeit der Genotypen, die Grundtransgressionen einer Konvergenten Auslese nöting sind, wird um so besser bewahrt werden.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AASTVEIT K., 1961. Studies on quantitative characters and quantitative inheritance in barley. *Meld. Norges Landbrhögsk.*, **40**, 2, 1-112.

AKERMAN A., HAGBERG A., 1954. Intraspecific sterility in oats. *Hereditas*, **40**, 438-452.

AKSEL R., JOHNSON L. P. V., 1959. Inheritance of yielding capacity in a fifteen-parent diallel cross of barley. *Can. J. Gen. Cytol.*, **1**, 208-266.

ASANA R. D., MANI V. S. Studies in physiological analysis of yield. I. 1950. Varietal differences in photosynthesis in the leaf, stem and ear of wheats. *Physiol. Plant.*, **3**, 22-39.

ASANA R. D., MANI V. S 1955. Studies in physiological analysis of yield. II. Further observations on varietal differences in the leaf, stem and ear of wheat. *Physiol. Plant.*, **8**, 8-19.

ATKINS R. E., MURPHY H. C., 1949. Evaluation of yield potentialities of oat crosses from bulk hybrid tests. *Agron. J.*, **41**, 41-54.

BERBIGIER A., 1964. *Étude de croisements diallèles chez l'Orge* (non publié, communication au groupe de travail « Orge » de l'I. N. R. A.).

BHAMONCHANT P., 1962. Inheritance of head type and the association of morphological characters and straw strength in spring oats. *Diss. Abstr.* **22**, **7**, 2122-2123.

BOEKHOLT K., 1962. Die Unterschiede in der Ertragsstruktur zwischen ertragreichen und ertrƒägermeren Sorten un Neuzüchtungen von Winterweizen und Hafer. *Z. Acker. Pflanzenb.* **115**, 4, 309-318.

BOONSTRA A. E., 1929. Differences in vitality of the leaves of four varieties of oats as connected with the yield. *Meded Landb. Hoogesch. Wageningen*, **33**, 6, 1023.

BOYCE S. W., COPP L. G. L., FRANKEL O. H., 1947. The effects of selection for yield in wheat. *Heredity*, **1**, 223-233.

CARLÉS J., SOUBIES J., GADET R., 1960. Étude physiologique de la verse du blé. *Ann, Physiol. vég.*, **3**, 143-170.

COFFMAN F. A., MAC KEY J., 1959. Hafer in KAPPERT H., RUDORF W., *Handbuch der Pflanzenzüchtung*, vol. II, 427-534, Paul Parey, Berlin.

COÏC Y., 1962. Quelques considérations sur les aptitudes variétales du Blé à la productivité. *EUCARPIA, III[e] Congrès*, Paris, 57-60, I. N. R. A. Éd.

DICKERSON G. E., 1963. Biological interpretation of the genic parameters of population, in HANSON W. D., Robinson H. F., *Statistical genetics and Plant Breeding* (Symposium), 95-106, Nat. Acad. Sci., Washington.

ÉCOCHARD R., HUET J., 1961. Contribution à l'étude de la génétique quantitative chez une plante autogame : le Blé. *Ann. Amélior. Plantes*, **11**, 25-98.

ENGLEDOW F. L., WADHAM S. M., 1924. Investigations on yield in the cereals. *J. Agric. Sci.*, **14**, 66-98,

FRANKEL O. H., 1958. The dynamics of plant breeding. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, **24**, 2, 112-123.

FREY K. J., 1959 *a*. The relation between environmental and genetic variances for heading dates and plant height in oats. *Agron. J.* **51**, 545-46.

FREY K. J., 1959 *b*. Adaptation in small grains. Abstr. Annual Meeting Amer. Soc. Agron. Cincinnati. (in P. B. A., 1960, 1226).

FREY K. J., 1959 *c*. Yield components in oats : I. Effect of seeding rate. *Agron. J.* **51**, 381-383.

FREY K. J., 1959 *d*. Yield components in oats. II. The effect of nitrogen fertilization. *Agron. J.* **51**, 605-608.

FREY K. J., 1959. *e*. Yield components in oats. III. Their contribution to the variety × location interaction for grain yield. *Agron. J.* **51**, 744-746.

FREY K. J., 1959 *f*. Yield components in oats. IV. Effect of delayed application of nitrogen. *Proc. Iowa, Acad. Sci.*, **66**, 137-142.

FREY K. J., 1962 *a*. Yield components in oats. VI. Their value in selecting for yield. *Proc. Iowa. Acad. Sci.*, **69**, 160-165.

FREY K. J. 1962 *b*. Inheritance of seed weight and its relation to grain Yield of oats. *Proc. Iowa Acad. Sci.*, **69**, 165-169.

FREY-WYSSLING A., BUTTROSE M. S., 1959. Photosynthesis in the ear of barley. *Nature*, **184**, 2031-2032.

FROEIER K. et *al.*, 1959. Die Gerste, in KAPPERT H., RUDORF W., *Handbuch der Pflanzenzüchtung*, vol. II, 275-426, Paul Parey, Berlin.

GAASTRA P., 1962. Photosynthesis of leaves and field crop. *Neth. J. Agric. Sci.*, **10**, 5, 311-324.

GOTOH K., OSANAI S. I., 1959 *a*. Efficiency of selection for yield under different densities in a wheat cross. *Jap. J. Breed*, **9**, 1, 11.

GOTOH K., OSANAI S. I., 1959 *b*. Efficiency of selection for yield under different fertilizer levels in a wheat cross. *Jap. J. Breed.*, **9**, 2-3, 173-178.

GRAFIUS J. E., 1956. The interaction of genotype and night temperature in oat and barley varieties. *Agron. J.*, **48**, 2. 56-59.

GUITARD A. A., NEWMAN J. A., HOYT P. B., 1961. The influence of seeding rate on the yield components of oat and barley. *Can. J. Pl. Sci.*, **41**, 4, 571-758.

GUSTAFSSON A., 1953. The cooperation of genotypes in barley. *Hereditas*, **39**, 1-18.

HAZEL L. N., LUSH J. L., 1942. The efficiency of three methods of selection. *J. Heredity*, **33**, 393-939.

HARLAN H. V., MARTINI M. L., 1938. The effect of natural selection on a mixture of barley varieties. *J. Agron. Res.* **57**, 189-199.

HOLM S. V. N., PEDERSEN A., 1962. The yield structure of grain crops as influenced by nitrogen application and the seed rate. *K. Vet. Landbohöjsk. Arsskr.*, 62-93.

ISENBECK K., 1949. Züchtung auf Ertrag, in ROEMER Th., RUDORF W., *Handbuch Pflanzenzüchtung*, II, 23-36, 385-394 (analyse dans Ann. Amélior. Plantes 1, 139-1951).

JONARD P., 1962. Évolution de la matière sèche de la plante de Blé tendre au cours de la période de rmaturation du grain. EUCARPIA, *III[e] Congrès*, **51**, 64, I. N. R. A. Éd., Paris).

JONARD P., KOLLER J., 1951. Les facteurs de la productivité chez le Blé. *Ann. Amélior. Pl.* **2**, 256-276.

JONES K. R., 1957, cité par JENSEN F. N., Genetics and inheritance in oats, in COFFMAN et *al.*, Oats and oat improvement, 137-138. *Amer. Soc. Agron., Madison*, 1961.

JONES K. R., FREY K. J., 1960. Heritability percentages and degrees of dominance for quantitative characters in oats. *Iowa State J. Sci.*, **35**, 1, 49-58.

KEULS M., SIEBEN J. W., 1955. Two statistical problems in plant selection. *Euphytica*, **4**, 34-44.

KLEY (VAN DER) F. K., 1955. The efficiency of some selection methods in populations resulting from crosses between self fertilizing plants. *Euphytica*, **4**, 58-66.

KUMAGIRI, TAJAKI, in COYAUD Y., 1950. *Le Riz*, p. 52, Arch. off. Indoch. Riz, Saïgon.

LE ROY H. L., 1962. Corrélations génétiques entre caractères. *Biométrie-Praximétrie*, **3**, 1, 1-16.

LEWICKI S., 1929. Pigments in barley and oats. *Mém. Inst. Nat. polonais Econ. rurale Pulawy*, **151**, 342-363.

LEWIS D., 1954. Gene environment interaction. *Heredity*, **8**, 333-356.

LUPTON F. G. H., 1961. Studies in breeding of self-pollinating cereals. III, Further studies in cross prediction. *Euphytica*, **1**., 2, 209-224. Cf. ci-après et WHITEHOUSE.

LUPTON F. G. H., WHITEHOUSE R. N. H., 1957. Studies in breeding of self-pollinating cereals. In Selection methods in breeding for yield. *Euphytica*, **6**, 169-184. Cf. le précédent et aussi WHITEHOUSE.

MCBRIDE G., 1958. The environment and animal breeding problems. *Anim. Breed. Abstr.*, **26**, 4, 349-538.

MACKEY J., 1963. Autogamous plant breeding based on already highbred material in AKERBERG E. et *al.*, *Recent plant breeding research*, 73-88, Wiley, New York.

MCKENZIE R. I. H., LAMBERT J. M., 1961. A comparison of F_3 lines and their related F_6 lines in two barley crosses. *Crop. Sci.* **1**, 4, 246-249.

MATHER K., 1949. *Biometrical genetics*, Methuen, Londres, 162 p.

MATHER K., 1955. Response to selection. *Symp. on quantitative biol.*. Cold Spring Harbor, **20**, 158-165.

MÉRAT P., 1960. L'héritabilité de la ponte d'hiver de poulettes recevant ou non un éclairement supplémentaire, *Ann. Zootech.* **9**, 3, 241-254.

MOULE C., 1955 *a*. *Avoine*, in rapp. Stat. Centr. Gen. Amél. Pl., C. N. R. A., Versailles, 27-35.

MOULE C., 1955 *b*. La résistance des variétés d'Avoine à la Rouille couronnée. *Ann. Amélior. Plantes*, **4**, 639-658.

MOULE C., 1957. La résistance au charbon nu chez l'Avoine cultivée. *Ann. Amélior. Plantes*, **2**, 159-198.

MOULE C., 1960. Mémoire, doc. dactylo. Stat. centr. Gen. Amélior. Plantes. C. N. R. A., Versailles.

MOULE C., 1964. *Les variétés d'Avoine cultivées en France* I.N.R.A., Paris (sous presse).

MURPHY C. F., 1961. Heritability estimates and radiation effects on the seed size components of oats. *Dissert. Abstr.* **22**, 3, 696.

PALMER T. P., 1962. Population and selection studies in a *Triticum* cross, *Heredity*, **6**, 171-185.

PANSE V. G., 1957. **Genetics of quantitative characters in relation to plant breeding** *Internat. symp. genetics. Pl. Breed in South Asia.* 318-328.

PATTERSON F. L., SCHAFFER J. F., CALDWELL R. M., COMPTON L. E., 1963. Inheritance of panicle type, hight and straw strength of derivatives of Scotland Club oats. *Crop. Sci.* **3**, 6, 555-557.

PAWLISCH P. E., SHANDS H. L., 1962. Breeding behavior for bushel weight and agronomic characters in early generations of two oat crosses. *Crop. Sci.* **2**, 3, 231-237.

PETR F. C., 1959. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. *Dissert. Abstr.* **20**, LC Card. MIC 59-2421, 21.

SAKAI K., 1955. Competition in plants and its relation to selection. *Cold Spring Harbor Symp. on quantitative biol.*, 20, 137-157.

SCOSSIROLI R. E., FERRARI A., HAUSSMANN G., 1963. Genetic variability for quantitative characters in alfala, in HANSON W. D., ROBINSON H. F., *Statistical genetics and Plant Breeding* (Symposium), 597-607, *Nat. Acad. Sci. Washington.*

STEPHENS S., 19542. Yield characters of selected oats varieties in relation to cereal breeding techniques. *J. Agr. Sci.*, **32**, 217-254.

STOY V., 1962. Dry matter production as an objective in plant breeding. *EUCARPIA, III^e Congrès*, Paris, 31-48, I. N. R. A. Ed.

TSUNODA S. 1959 *a*. A developmental analysis of yielding ability in varieties of field crops. I. Leaf area per plant and leaf area ratio. *Jap. J. Breed* **9**, 161-168.

TSUNODA S. 1959 *b*. A developmental aualysis of yielding ability in varieties of field crops. II. The assimilation-system of plants as affected by the form, direction and arrangement of single leaves. *Jap. J. Breed.* **9**, 237-244.

TSUNODA S. 1962. A developmental analysis of yielding ability in varieties of field crops. III. The depth of green colour and the nitrogen content of leaves. *Jap. J. Breed.*, **10**, 107-111.

TSUNODA S. 1960. A developmental analysis of yielding ability in varieties of field crops. IV .Quantitative and spatial development of the stem-system. *Jap. J. Breed.* **12**, 1, 49-56.

TSUNODA S. 1963. A developmental analysis of yielding ability in varieties of field crops. V. Development of the root system in length and weight. *Jap. J. Breed.* **13**, 3, 148-152.

VAN DOBBEN W. H., 1962. Influence of temperature and light conditions on dry-latter distribution, development rate and yield in arable crops. *Neth. J. Agric. Sci.*, **10**, 5, 377-389.

VESSEREAU A., 1960. *Méthodes statistiques en Biologie et en Agronomie*, Baillère, Paris, 538 *p*.

VIDME T., 1940. On the morphological components of yield in some varieties of oats. *Meld. Norg. Landbrhogsk* **20**, 203-228 (in P. B. A. 1947, 17 309).

WALLACE A. T., MIDDLETON G. K., COMSTOCK R. E., ROBINSON H. F., 1954. Genotypic variances and covariances of six quantitative characters in oats. *Agron. J.* **46**, 384-488.

WATSON D. J., 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron. Acad. Press, New York* **4**, 101-145.

WATSON D. J., NORMAN A. G., 1939. Photosynthesis in the ear of barley. *J. Agr. Sci.*, **29**, 321-345.

WATSON D., THORNE G. N., FRENCH S. A. W., 1958. Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Ann. Bot.* **22**, 321-352.

WHITEHOUSE R. N. H., THOMPSON J. B., DO VALLE RIBEIRO M. A. M., 1958. Studies in breeding of self-pollinating cereals. The use of diallel cross analysis in yield prediction. *Euphytica*, **7**, 147-169. (Cf. aussi LUPTON).

WIEBE G. A., PETR F. C., STEVENS H., 1963. Interplant competition between barley genotypes in HANSON W. D., ROBINSON H. F., *Statistical genetics and Plant Breeding*, 546-557, **Nat. Acad. Sci., Washington.**

WILLIAMS R. F., 1955. Redistribution of mineral elements during development. *Ann. Rev. Pl. Physiol.*, **6**, 25-42.

WINHUES F., 1959. Weizenzüchtung in Europa, in KAPPERT H., RUDORF W., *Handbuch der Pflanzenzüchtung*, vol. II, 216-275, Paul Parey, Berlin.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (4), 383-417.

COMPTE RENDU D'UNE EXPÉRIENCE PRÉLIMINAIRE SUR LA CROISSANCE ET LE DÉVELOPPEMENT DES LUZERNES [1]

P. GUY

Station d'Amélioration des Plantes fourragères, Lusignan (Vienne).

Différents écotypes, français, allemands, nord-africains sont comparés en conditions contrôlées de température, sous deux régimes photopériodiques : (jours de 9 h et de 24 h).

La croissance et le développement sont suivis plante par plante et permettent de classer les écotypes en fonction de leur appartenance relative à *Medicago falcata* et *M. sativa*.

Le régime photopériodique et la variété déterminent la morphologie de la plante :

allongement des entre-nœuds et des pétioles,
surface et forme des folioles,
localisation et date d'apparition de la première ramification,
le rythme de croissance et de développement.

Les effets variétaux, photopériodiques, leurs interactions comparés au comportement agronomique et physiologique de ces mêmes variétés en conditions de culture, permet d'orienter un programme de sélection de la luzerne.

La dernière partie du mémoire est consacrée à la mise en évidence :

— d'un étroit parallélisme entre la morphologie de la feuille et la mise à fleurs du bourgeon axillaire,

— d'une discontinuité morphologique au niveau du premier bourgeon florifère,

— d'un rythme croissance-développement, d'une alternance phase végétative-phase reproductive.

INTRODUCTION

L'utilisation de la vigueur hybride, l'étude de la compétition, l'accélération des cycles reproductifs et l'élargissement du matériel génétique utilisé dans notre programme de sélection nécessitent une connaissance approfondie de la biologie de la luzerne. Cet essai en conditions contrôlées étudie les réactions différentielles de

[1] Ce travail a été effectué à la Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes de Versailles de décembre 1959 à novembre 1960.

croissance et de développement en jours courts et en jours longs de plusieurs écotypes de luzerne *Medicago sativa* L. : *Flamande, Provence, Franconie* (Allemagne), *Poitou, Taguira* (Tripolitaine), *Gabès* (Tunisie).

Le comportement physiologique de ces populations naturelles, conditionne d'importants objectifs de sélection tels que : résistance au froid, production de fourrage, rythmes d'exploitation et de production, valeur alimentaire.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES

Installation.

Prégermination en étuve à 25°.

Repiquage au stade racine de 1 cm à raison de 20 plantules par caissette (l = 12 cm, L = 37 cm h = 15 cm) le 18-12-59 (1).

Milieu.

Le mélange était composé par moitié de terreau et de sable, il a été ajouté 500 g de scories 12-12 pour 36 caissettes.

Le 12-3-60 1 g de PO_4H_2K a été apporté à chaque caissette sous forme liquide.

Régime thermique.

Les caissettes étaient en serre à 20°, l'amplitude journalière était de l'ordre de 5°C en hiver, 10°C au printemps et en été. La température a toujours été contrôlée au thermomètre enregistreur et au thermomètre à mercure (type fronde).

Régime photopériodique.

Traitement en jour long JL : (jour de 24 heures) lumière normale avec appoint en continu fourni par :

2 lampes à incandescence 60 W 600 lm N497 Philips.
2 tubes lumière du jour de luxe, Mazda fluor TF 40 W.

La lumière d'appoint mise en place à partir du 22-12-59, fournissait environ 1 000 lx.

Traitement en jour court JC (jour de 9 heures) lumière normale sans appoint avec mise sous cage de 17 h, sous cage opaque de 17 h-17 h 30 à 8 h-9 h, du 30-12-59 au 17-8-60, ensuite lumière normale.

Code de notation

+	fleuri ou induit	Fl	*Flamande*
v	végétatif	Pr	*Provence*
JC	jour court	Fr	*Franconie*
JL	jour long	Po	*Poitou*
FC	feuille cotylédonaire	676	*Taguira*
FT	feuille trifoliée	677	*Gabès*

I — CROISSANCE AU STADE JEUNE EN JOUR COURT ET EN JOUR LONG

a) *Aspect morphologique* :

On observe successivement

— l'ouverture des cotylédons

(1) La mauvaise germination de la population de *Gabès*, n'a pas permis son étude en jour long. Le repiquage de *Franconie* en régime J.C. n'a été terminé que le 21-12.

— l'apparition d'une ou deux feuilles cotylédonaires, puis des feuilles trifoliées.

— l'apparition de ramification.

Il existe des différences variétales, quant aux anomalies triple cotylédons, double feuille cotylédonaire, leur fréquence toujours très faible est difficile à mettre en évidence, d'autant plus que certaines études du laboratoire ont montré l'influence de la taille de la graine. Nous laisserons ce problème de côté.

La première ramification se localise dans la majorité des cas à l'aisselle de la feuille cotylédonaire, elle peut apparaître à l'aisselle des cotylédons ou des premières feuilles trifoliées (tabl. 1)

TABLEAU 1

Localisation de la 1re ramification

Traitements	Point d'apparition de la première ramification				
	Cot.	FC	1er FT	2e FT	3e FT
JL	1	209	5	0	0
JC	3	125	5	3	0

Les ramifications suivantes apparaissent aux aisselles des cotylédons et des premières feuilles trifoliées.

La première ramification apparaît à un stade différent suivant le régime photopériodique JC et JL et la variété. Le test χ^2 est très significatif (tabl. 2)

TABLEAU 2

Date d'apparition de la 1re ramification

		Flamande	*Provence*	*Franconie*	*Poitou*	*Taguira*	*Gabès*	$\bar{x}$
JL	Nombre de FT	4,9	4,4	4,5	5,0	(4,5)		4,7
	Age en jours	41	40	39	42	35		
JC	Nombre de FT	7,4	7,2	6,6	7,4	5,0	6,8	6,7
	Age en jours	58	58	56	56	41	51	

Les JC retardent l'apparition de la première ramification en stade et en âge, sans agir sur la localisation mais la population de *Taguira* manifeste une réaction photopériodique très différente, par une insensibilité à la longueur du jour.

Les ramifications suivantes apparaissent aux aisselles des cotylédons et des premières feuilles trifoliées. A partir d'un nombre total de 15 à 25 feuilles trifoliées, il apparaît des ramifications secondaires sur les ramifications primaires (portées par la tige principale) les plus importantes. Les différentes ramifications n'ont pas toutes la même vitesse de croissance, il semble qu'il y ait dominance d'une ou deux

tiges sur les autres. Il y a une succession de la dominance, des relais successifs dans l'ordre d'apparition des ramifications.

1º tige principale

2º ramification de la feuille cotylédonaire

3º ramification cotylédonaire ou des premières feuilles trifoliées.

Il est probable que le fait des comptages et observations a légèrement perturbé ces phénomènes de dominance (par contact, courbure...).

b) *Aspect quantitatif*

Les notations et les observations furent effectuées plante par plante. Chacune d'entre elles fut suivie individuellement pendant toute le durée de l'expérience. Cette méthode plus fine et plus précise que la méthode des prélèvements permet de suivre la continuité dans le temps d'un phénomène et élimine les erreurs d'échantillonnage, par contre il faut respecter l'intégrité des plantes.

Les mesures portèrent sur :

— le nombre de feuilles sur la tige principale,

— le nombre total de feuilles,

— le nombre de ramifications en fonction du temps et de la somme de température.

1º *Nombre de feuilles sur la tige principale.*

De 0 à 5 feuilles trifoliées toutes les courbes de croissances sont parralléles, la pente est indépendante de la variété et du régime photopériodique, en première approximation :

en JL il faut 120 à 125º par feuille trifoliée

en JC il faut 105 à 120º par feuille trifoliée

Les courbes de croissance peuvent être considérées comme des droites parallèles de la forme

$$y = ax + b.$$

y = nombre de feuilles trifoliées

x = somme de température en degré

a = 0, 80 à 0, 83. 10^{-2} en JL

b = 0, 83 à 0, 95. 10^{-2} en JC

L'effet photopériodique et l'interaction photopériode × écotype sont très nets ce qui donne dès le départ un décalage entre JC et JL hautement significatif. Ce décalage apparaît dès le début et se maintient constant (tabl. 3).

TABLEAU 3

Retard de croissance en jour court au stade 4 feuilles trifoliées

Écotype	Retard Σθ en ºC	Repousse hivernale
Franconie	— 84	— —
Flamande........	— 64	
Taguira	— 62	+ + +
Poitou	— 38	+
Provence........	— 30	+ +

Le retard est calculé en somme des températures au stade 4 feuilles trifoliées, régime JC par rapport au régime JL il est égal à $\frac{(b_1 - b_2)}{a}$

Ce retard est d'autant plus important que le repos hivernal est plus marqué, cependant *Taguira,* le type le plus méridional a un comportement voisin de *Flamande,* sans que l'on puisse en donner la raison.

Nous pouvons de même comparer les écotypes entre eux dans chaque régime photopériodique en prenant la population de *Taguira* comme témoin, le décalage Δ est calculé en somme de température au stade 4 feuilles trifoliées. (tabl. 4).

TABLEAU 4

Différence de précocité en somme de température au stade 4 feuilles trifoliées

	J. C.		J. L.	Ordre de	
Écotype	Δ en °C	Écotype	Δ en °C	Rendement	Précocité
Gabès	+ 14	»	»		
Taguira	0	*Taguira*	0	»	»
Poitou	— 46	*Flamande*	— 66	1	1
Flamande	— 68	*Poitou*	— 70	2	2
Provence	— 74	*Franconie*	— 86	2	2
Franconie	— 108	*Provence*	— 106	4	4

Nous retrouvons le même classement des populations *Flamande, Poitou, Franconie, Provence* en rendement, en précocité (essais O.E.C.E., DEMARLY, 1960) et en régime JL étudié.

Nous pouvons donc nous demander si ces écarts entre courbes de croissance correspondent à une différence de vigueur, de précocité, de rendement ?

D'après les théories actuelles, l'hétérosis et la vigueur se manifestent très tôt, la différence de vigueur à l'état adulte étant souvent considérée comme une conséquence de cette différence initiale. (SPRAGUE, 1936 ASHBY).

Cette interprétation est confirmée par l'étude de la vigueur hybride au stade plantule faite par ailleurs au laboratoire de la luzerne.

Les courbes de croissance s'infléchissent très vite.

au stade 4 à 6 FT en JL
au stade 5 à 9 FT en JC

L'effet variétal est très net, l'inflexion semble liée à l'apparition de la première ramification, ce qui est physiologiquement vraisemblable.

2° *Nombre total de feuilles.*

La courbe représentative du nombre total de feuilles en fonction du temps est à allure exponentielle, nous pouvons la considérer comme la somme des courbes en S correspondant à chaque ramification. Le classement des écotypes en fonction de leur croissance, c'est-à-dire en fonction du nombre total de feuilles à un instant

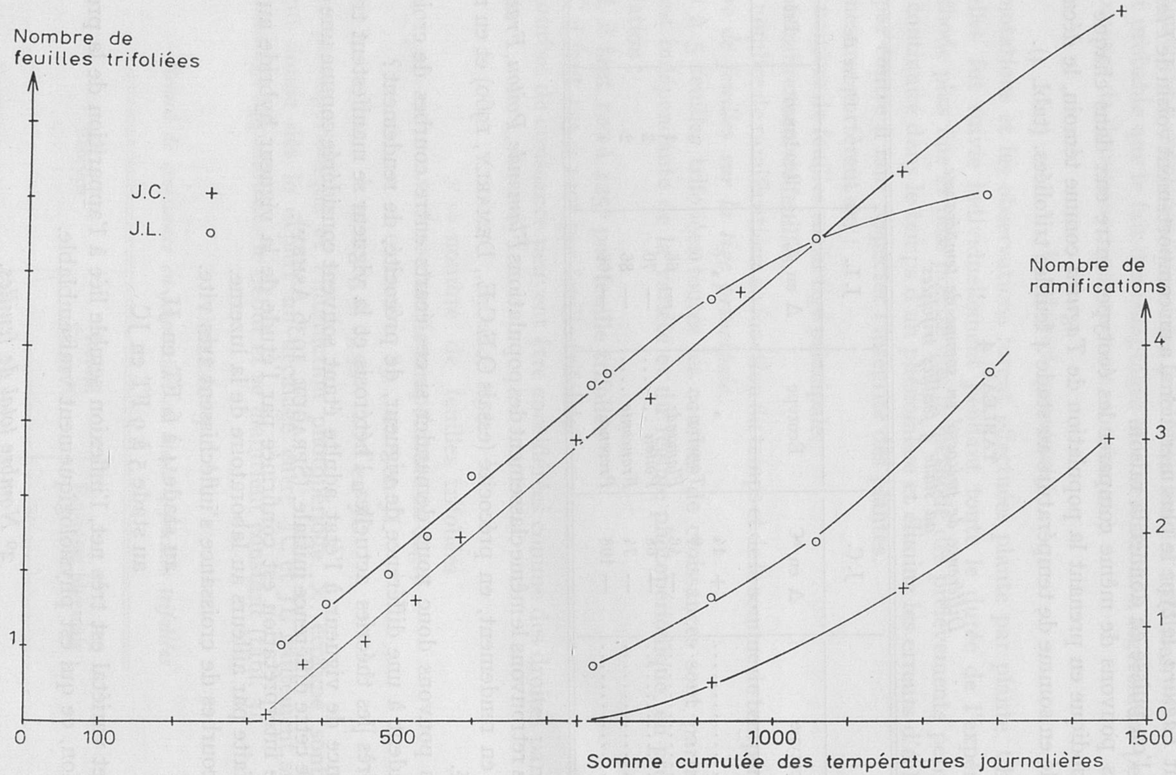


FIG. 1. — *Croissance comparée en jour court et en jour long.*

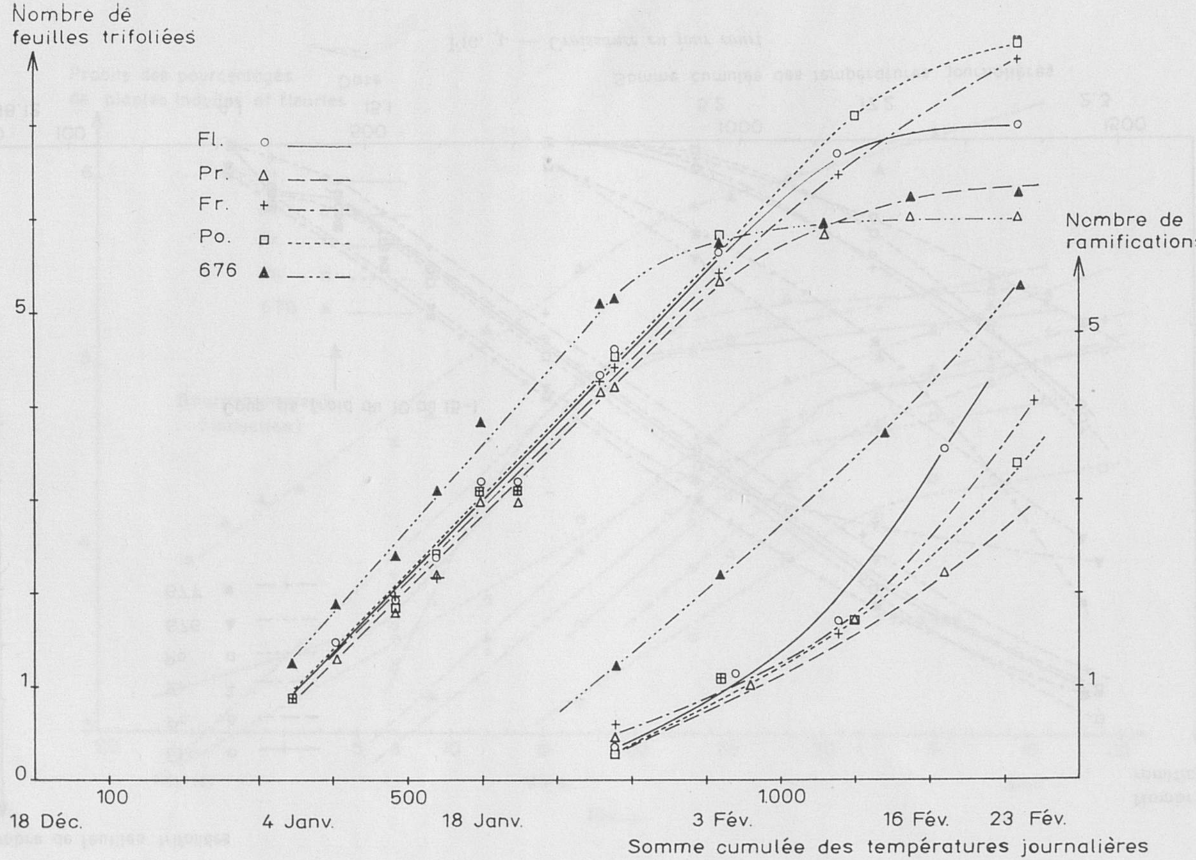


FIG. 2. — *Croissance en jour long*

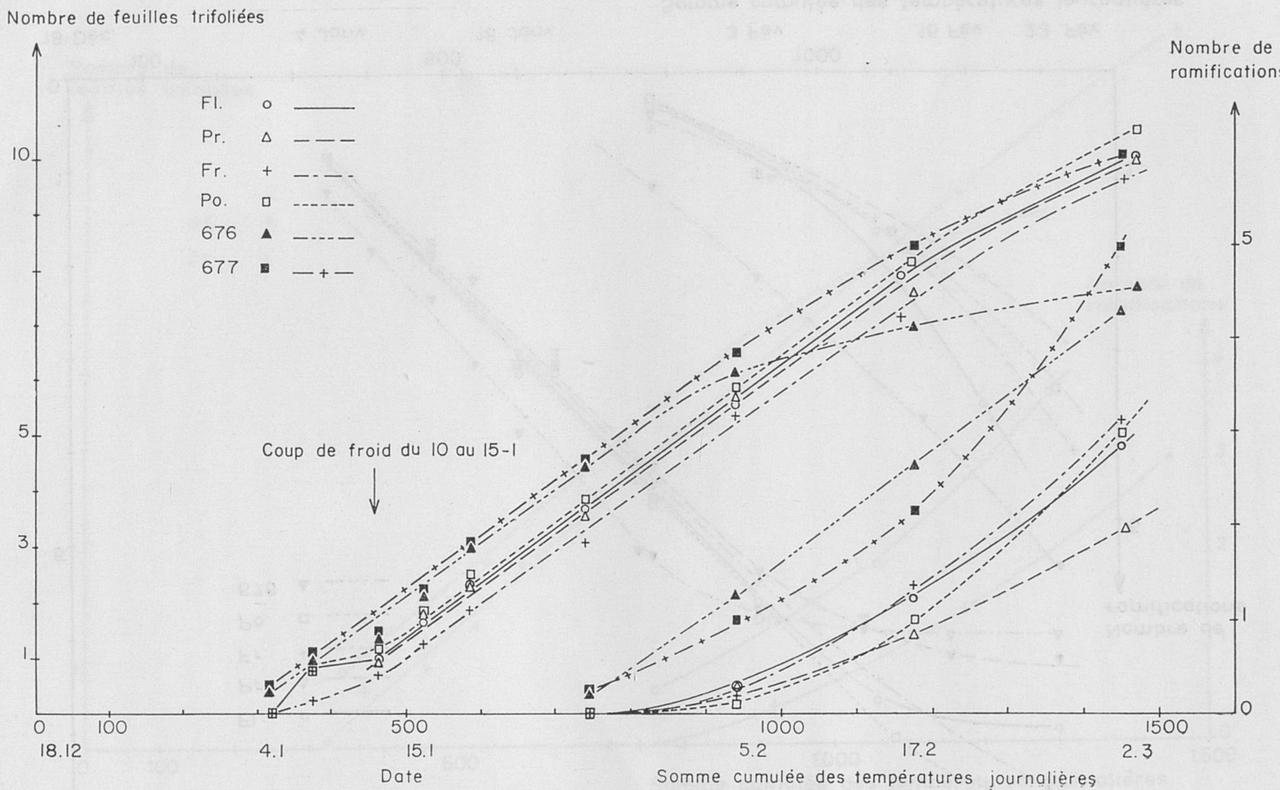


FIG. 3. — *Croissance en jour court*

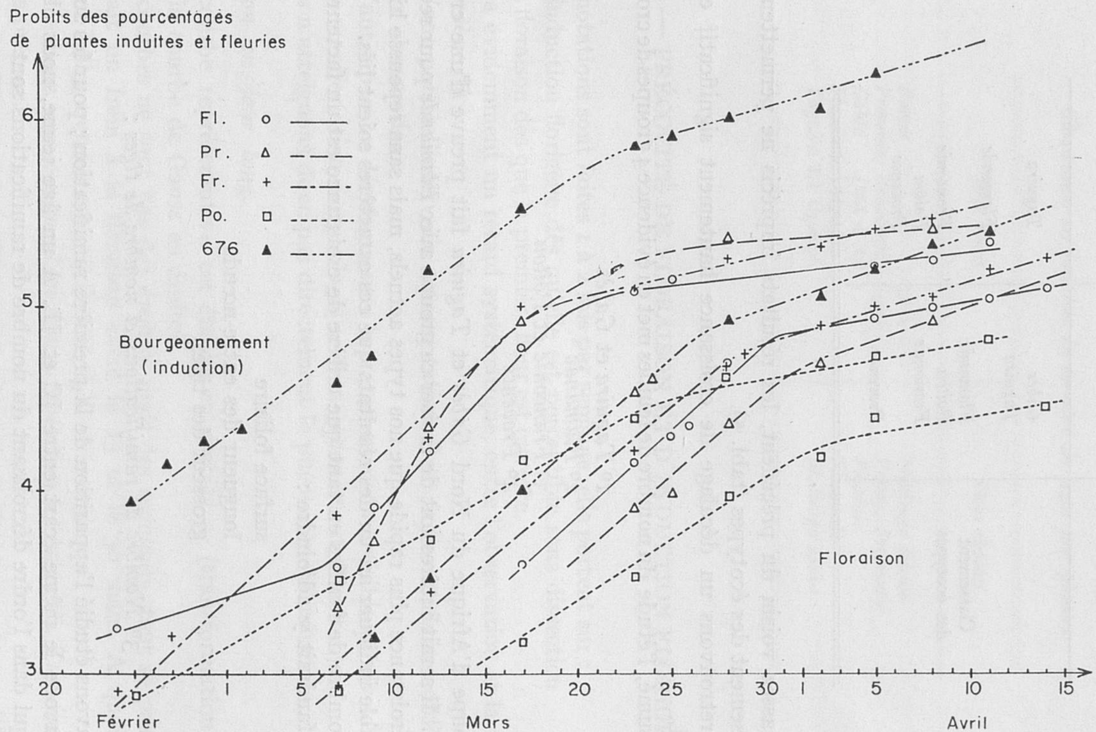

Probits des pourcentages
de plantes induites et fleuries
Fl.
Pr.
Fr.
Po.
676
Bourgeonnement
(induction)
Floraison
6
5
4
3
20
1
5
10
15
20
25
30
1
5
10
15
Février
Mars
Avril

FIG. 4.

TABLEAU 5

Classement en fonction du nombre de feuilles total

Traitement	J. C.	J. L.
Classement des écotypes	*Gabès* *Taguira* *Flamande* *Poitou* *Franconie* *Provence*	*Taguira* *Flamande* *Franconie* *Poitou* *Provence*

donné est assez voisin du précédent, les résultats imprécis ne permettent qu'un simple classement des écotypes (tabl. 5).

Nous retrouvons un décalage de croissance hautement significatif entre les JC et les JL.

En résumé, l'étude du nombre de feuilles met en évidence 4 groupes de croissance :

1º *Taguira* et *Gabès*
2º *Flamande*
3º *Franconie* et *Poitou*
4º *Provence*

Le groupe d'Afrique du Nord *Gabès* et *Taguira* fait preuve d'une croissance très rapide. Il serait intéressant de croiser ce groupe avec *Flamande* pour rechercher un type à croissance plus rapide que nos types actuels, mais sans repousse hivernale, rien ne semble indiquer au vu des résultats que ces caractères soient liés.

Si le nombre de feuilles en tant que critère de croissance est un facteur du rendement, il faudrait y adjoindre :

surface foliaire
longueur des entre-nœuds
grosseur des tiges.

3º *Nombre de ramifications et nombre de tiges* :

Nous avons étudié l'apparition de la première ramification ; pour les suivantes, nous retrouvons le même écart entre JC et JL. A un âge jeune, nous observons 3 groupes qui dans l'ordre décroissant du nombre de ramifications sont :

Gabès, Taguira
Flamande, Franconie, Poitou
Provence.

A un âge plus avancé, le nombre de tiges par plante a été compté en JC, il est comparé au comportement en plein champ (tabl. 6)

Les résultats sont très voisins et montrent l'appartenance relative pour ce caractère : des populations *Poitou* et *Franconie* au type *falcata*, et des populations *Flamande* et *Taguira* au type *sativa* d'origine méditerranéenne.

TABLEAU 6

Classement en fonction du nombre de tiges par plantes

Jour court		Plein champ
Poitou	3,9 à 4,4	*Medicago falcata*
Provence, Franconie	tiges/pl.	*Poitou, Franconie*
Gabès	3,4 à 3,6	*Provence*
Flamande	tiges/pl.	*Flamande*
Taguira	2,7 tiges/pl.	*Medicago sativa*

II. — PRÉCOCITÉ DE FLORAISON ET D'INDUCTION FLORIGÈNE

Les notations sont faites 1 à 2 fois par semaine, elle portent sur :

— l'induction florigène dès qu'elle est perceptible sans dissection

— la floraison dès que la première fleur est ouverte.

Il y a évidemment un retard systématique, entre l'observation et la réalisation du phénomène dû :

— d'une part à l'intervalle entre notation, il est de l'ordre de la moitié de l'écart entre deux observations.

— d'autre part au décalage entre la transformation invisible au niveau du méristème et la manifestation morphologique (bourgeonnement, floraison).

Nous n'atteignons donc pas directement le phénomène d'induction.

Observation en jour long.

La courbe représentative est établie en probits — (transformation de l'intégrale de la courbe de Gauss en droite).

Les courbes ne sont pas des droites, mais des segments, tout se passe comme s'il y avait un frein à la floraison entre le 15 et le 30 mars. A quoi est dû ce phénomène ? (il y a eu un rapport de PO_4H_2K 12 mars).

Les résultats sont comparables d'une répétition à l'autre (1). *Taguira est* nettement plus précoce.

Provence, Flamande et *Flamande* ne sont statistiquement pas différenciées. *Poitou* paraît plus tardif mais l'hétérogénéité des résultats ne permet pas de conclure.

(1) En ce qui concerne *Poitou,* une caissette a très peu fleuri et bourgeonné. Elle appartenait à la zone la moins éclairée, mais recevait néanmoins un minimum de 500 lux d'appoint suffisant théoriquement pour l'induction florigène.

Cette différence était déjà apparue dans la vitesse de croissance. La quantité de lumière pourrait être un facteur limitant de la photosynthèse à cette période de l'année.

Les courbes de floraison sont trop imprécises pour mettre en comparaison les vitesses de croissance et les précocités à l'intérieur du groupe Fl, Fr, Pr, Po.

On admet généralement qu'en bonnes conditions lumineuses et trophiques la somme de température nécessaire à la floraison après une coupe, est de 1 000°; nous avons ici des sommes beaucoup plus importantes, il y a 2 causes au moins : la culture en serre où la floraison est toujours peu importante, la compétition interplantes n'ayant pas permis à la luzerne un développement optimum favorable à la floraison.

TABLEAU 7

Précocité en somme de température

Date et somme de température en °C du point 50 %		Écart en jour (bgt-fl.)
Bourgeonnement	Floraison (par extrapolation)	
676 11-3 1 675	27-3 2 000	+ 16
Fl 20-3 1 855	2-4 2 120	+ 13
Fr 19-3 1 835	3-4 2 145	+ 15
Pr 18-3 1 815	7-4 2 230	+ 20
(Po) 3-4 2 145	14-4 2 375	+ 11

Il est curieux que les jours longs n'aient pas avantagé *Flamande* et *Franconie* par rapport à *Provence*. Nous savons que dans les régions méridionales les populations *Provence* et *Poitou* peuvent être rattrapées par *Flamande* à croissance plus rapide mais à départ tardif.

Il peut y avoir interaction, température x lumière x variété.

Observation en jour court.

Aucune plante n'a fleuri 11 mois après le semis. La durée du jour fut de 8 h 30 du 18-12-59 au 17-8-60 et a diminué de 14 h 10 à 9 h du 17-8-60 au 18-11-60.

Au 17 novembre, il y avait de nombreuses inductions, elles furent notées après dissection des bourgeons (tabl. 8)

TABLEAU 8

Pourcentage de plantes induites en jour court

Population	% d'induction
Taguira	39
Gabès	39
Franconie	22
Flamande	18
Provence	18
Poitou	5

Les répétitions sont homogènes, le χ^2 d'homogénéité entre répétitions est non significatif 4, 5 pour 11 degrés de liberté. La probabilité d'avoir des écarts supérieurs est de 0, 95. Les différences variétales sont significatives (P = 0, 02), mais on ne peut pas leur attribuer une valeur absolue, car il y a incertitude pour certaines plantes.

La floraison et l'induction florigène, apparaissent donc disjointes, La non-floraison peut être due à des exigences différentes de la floraison et de l'induction, le phénomène est connu : ex. *Soja biloni, Campanula medium.*

Nous pouvons mettre en évidence 3 groupes :

— *Taguira* et *Gabès* d'origine méridionale, très voisines du type *sativa,* sont beaucoup moins sensibles à la longueur du jour que les autres types plus nordiques.

— *Flamande, Franconie* et *Provence* se comportent de façon intermédiaire.

— et enfin, *Poitou* manifeste son origine *falcata.*

Ces groupes sont différents de ceux observés pour la repousse hivernale qui sont d'ailleurs beaucoup plus tranchés, si *Gabès* et *Taguira* ont un comportement de type *Sativa,* il y a une inversion entre *Franconie, Flamande, Poitou* et *Provence.*

Il serait nécessaire de vérifier ces résultats. S'ils sont exacts cela tendrait à mettre en évidence des seuils et des exigences différents à chaque étape du développement.

— Élongation des tiges..

— Induction florigène.

— Floraison.

III. — LA MORPHOLOGIE EN RELATION AVEC LA LONGUEUR DU JOUR ET L'ORIGINE

Nous étudierons la longueur du pétiole, des entre-nœuds, ainsi que la forme de la foliole médiane.

a) *Longueur du pétiole*

Les mesures sont faites sur la 5e feuille ouverte à partir du sommet, celle-ci correspond à peu près à la première feuille ayant atteint sa taille définitive.

Elles concernent la première tige ou tige principale, une jeune tige et fin novembre, en J. C. seulement, la plus grande ramification (tabl. 9)

La longueur du pétiole varie significativement en fonction du régime photopériodique et de l'âge de la ramification. Les pétioles sont plus longs en jour court. La taille des pétioles varie avec l'âge de la ramification, elle décroît en jour long et en jour court, mais dans ce dernier cas après être passée par un maximum.

Le régime jour court extériorise les différences d'origine.

Dans les premiers stades fin mars, nous distinguons 3 groupes de taille :

Flamande

Provence et *Franconie*

Poitou, Taguira et *Gabès*

fin novembre il n'y a que 2 groupes :

Flamande, Provence, Franconie et *Poitou*

Taguira et *Gabès.*

L'allongement du pétiole en régime jour court est en assez bonne relation avec la repousse hivernale.

TABLEAU 9

Longueur du pétiole

	J.C.			J.L.	
	Fin mars		Fin novembre	Fin mars	
	Tige princ.	Jeune tige	La plus grande tige	Tige princ.	Jeune tige
Flamande	67,1	74,8	39,1	17,4	11,35
Provence	55,9	72,0	41,6	20,6	12,1
Franconie	56,8	69,9	42,1	19,4	11,3
Poitou	50,6	57,1	40,3	18,5	14,6
Taguira	52,9	55,8	30,0	18,6	11,5
Gabès	46,6	63,3	30,1	—	
Δ	8,1 S				NS

Longueur en mm. Moyenne de dix mesures.

Flamande se rapproche du type *M. falcata* tandis que *Poitou, Gabès* et *Taguira* se rapprochent du type *M. sativa.* L'évolution dans le temps en JC du pétiole concorde avec les notations précédentes sur l'induction florigène fin novembre.

Les pétioles de *Gabès* et *Taguira* se raccourcissent beaucoup, et se rapprochent le plus du type jour long, florigène, en relation avec leur indifférence marquée à la photopériode. Bien que les 4 autres populations ne montrent pas de différence statistique, fin novembre, [quant à la longueur, nous pouvons noter que *Poitou* marque une évolution relative de la longueur du pétiole beaucoup plus faible que *Flamande, Provence* et *Franconie* donc une évolution moindre vers la morphologie florifère, ce qui concorde parfaitement avec la notation sur l'induction florale en fin d'expérience.

b) *Longueur des entre-nœuds*

Les mesures portent sur les entre-nœuds précédant et succédant la 5e feuille ouverte. (tabl. 10)

Au stade jeune, les entre-nœuds sont plus longs en jour long, qu'en jour court. C'est un phénomène général chez les plantes en rosette, la mise à fleur s'accompagne toujours plus ou moins d'une élongation de la tige.

En jour court, les entre-nœuds s'allongent en fonction du temps, ce qui correspond à une évolution des plantes vers l'état florifère. Il y a un effet variété, un effet

TABLEAU 10

Longueur des entre-nœuds

	JC		JL	
	Mars Jeune tige	Novembre Plus grande tige	Mars Jeune tige	Différence en mm.
Flamande	10 à 30	31,8	48,3	+ 16
Provence	12 à 25	41,0	46,6	+ 6
Franconie	7 à 21	32,9	34,1	+ 1
Poitou	5 à 20	34,5	34,5	0
Taguira	28,8	41,2	35,1	— 6
Gabès	10 à 40	37,5		
P.p.d.s.	entre-nœud-inférieur		8,6	
Flamande	13 à 30	25,6	36,7	+ 11
Provence	15 à 22	32,5	31,6	— 1
Franconie	14 à 29	26,5	28,1	+ 2
Poitou	8 à 15	28,5	29,3	+ 1
Taguira	27,8	30,2	32,6	+ 2
Gabès	9 à 23	31,8		
	entre-nœud-supérieur			

longueur en mm

Fl	48,3
Pr	46,6
676	35,1
P_0	34,5
Fr	34,1

Les 2 tableaux sont comparables, l'entre-nœud supérieur n'a pas atteint sa taille définitive.

traitement et une interaction variété x traitement. *Flamande* manifeste un caractère de *Médicago falcata*, l'allongement des entre-nœuds en JC reste plus faible que dans les autres écotypes, elle apparaît plus sensible au régime photopériodique.

c) *Forme des feuilles.*

Les mesures portent sur largeur et longueur de la foliole médiane (voir tabl. 13 et fig. 5, 6, 7, 8).

TABLEAU 11

Longueur des folioles en mm

	J. C.			J. L.	
	Fin mars		Novembre	Fin mars	
	Tige princ.	Jeune tige	Plus grande tige	Tige princ.	Jeune tige
Flamande	12,85	15,0	24,1	12,6	20,1
Provence	11,40	18,3	26,5	10,5	19,9
Franconie	10,45	12,7	21,3	11,4	17,0
Poitou	9,75	11,9	20,4	12,1	19,3
Taguira	14,20	20,5	29,6	16,5	19,1
P.p.d.s.	2,46 S	2,54 TS			2,54 TS



FIG. 5. — Franconie — *Jour long* — *Échelle 1*

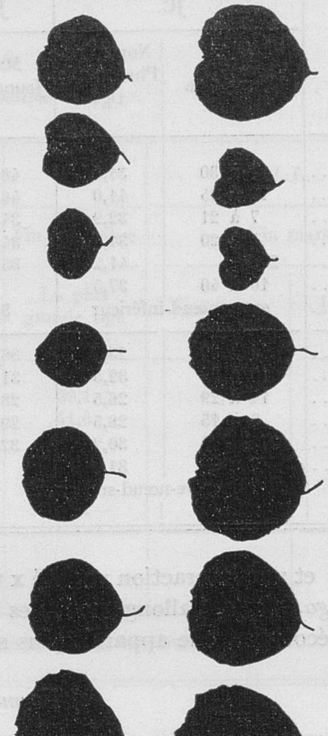


FIG. 6. — Franconie — *Jour court* — *Échelle 1*

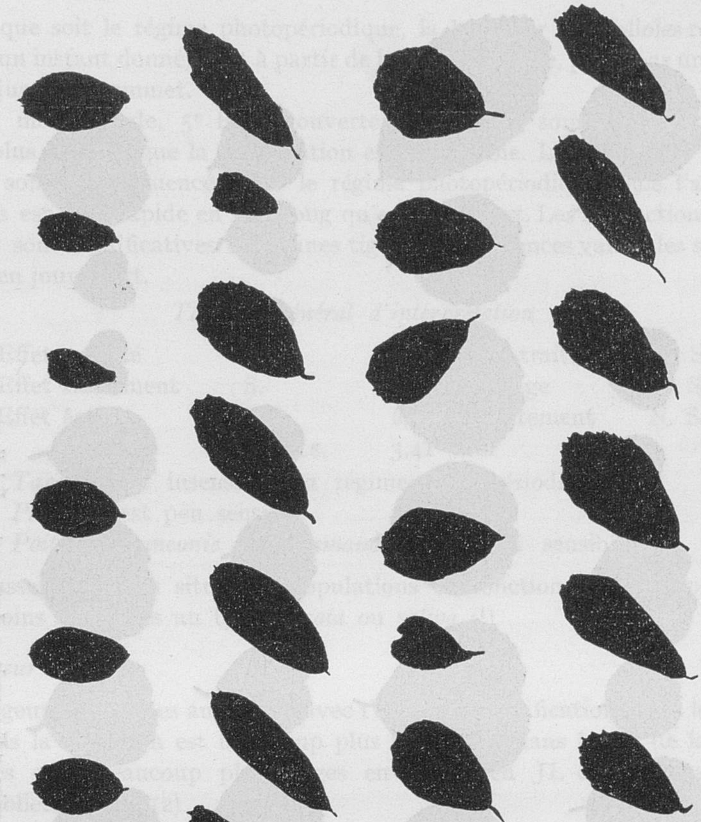


FIG. 7. — Flamande et Taguira — *Jour Long* — *Échelle* 1

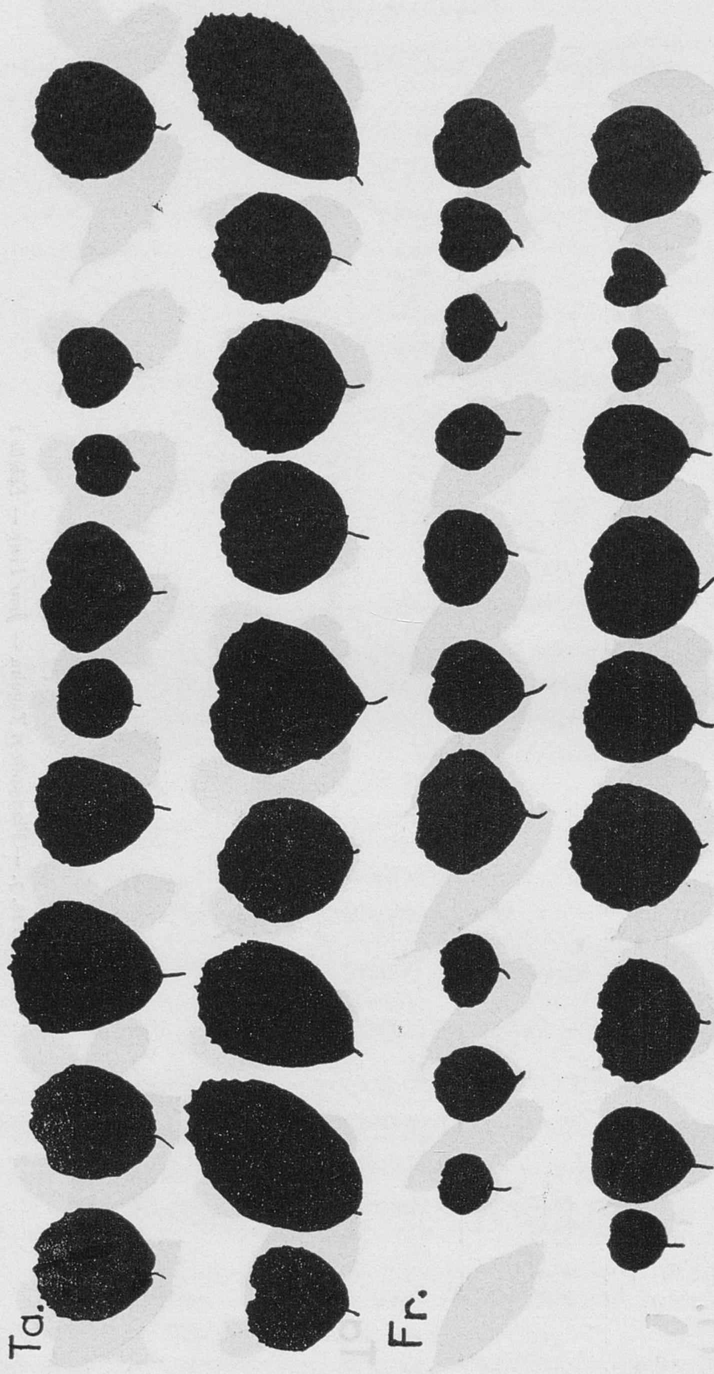


FIG. 8. — Taguira *et* Franconie — *Jour court* — *Échelle* 1

1. —*Longueur* :

Quel que soit le régime photopériodique, la longueur des folioles réparties sur une tige à un instant donné, croît à partir de la base de la tige, passe par un maximum et décroît jusqu'au sommet.

A un même stade, 5[e] feuille ouverte à partir du sommet, les folioles sont d'autant plus longues que la ramification est plus jeune. Les premières feuilles trifoliées ne sont pas influencées par le régime photopériodique mais l'allongement des folioles est plus rapide en jour long qu'en jour court. Les interactions variété × traitement sont significatives sur jeunes tiges. Les différences variétales sont les plus marquées en jour court.

Tableau général d'interprétation

Effet variété	S.	variété × traitement	N. S.
Effet traitement	S.	variété × âge	N. S.
Effet âge	T.S.	âge × traitement	N. S.
	p.p.d.s.	3,41 mm	

Taguira est insensible au régime photopériodique
Provence est peu sensible
Poitou, Franconie et *Flamande* sont très sensibles.

Ce classement nous situe ces populations en fonction de leur appartenance plus ou moins marquées au type *falcata* ou *sativa* (1)

2° —*Largeur*

La largeur des folioles augmente avec l'âge de la ramification, dans les premiers stades, mais la variation est beaucoup plus faible que dans le cas de la longueur. Les folioles sont beaucoup plus larges en JC qu'en JL ceci dès les premières feuilles trifoliées. (tabl. 12)

TABLEAU 12
Largeur des folioles en mm

	J. C.			J. L.	
	Fin mars		Novembre	Fin mars	
	Tige princ.	Jeune tige	Plus grande tige	Tige princ.	Jeune tige
Flamande	13,25	15,70	15,3	7,05	8,20
Provence	12,70	17,45	15,2	7,20	8,50
Franconie	11,75	13,75	14,8	6,95	7,30
Poitou	10,80	12,60	13,5	7,10	8,15
Taguira	14,5	17,60	17,1	10,10	9,15
P.p.d.s.	2,3 S	1,4 TS			1,4 TS

(1) Les comparaisons sont faussées par les différences de précocité et l'échelonnement des notations mais le biais est faible

	Longueur en mm					Largeur en mm				
	J. C.			J. L.		J. C.			J. L.	
	Mars		Nov.	Mars		Mars		Nov.	Mars	
	tige pr.	j. tige	grde tige	tige pr.	j. tige	tige pr.	j. tige	grde tige	tige pr.	grde tige
Fl	12,8	15,0	24,1	12,6	20,1	13,2	15,7	15,3	7,0	8,2
Pr	11,4	18,3	26,5	10,5	19,9	12,7	17,4	15,2	7,2	8,5
Fr	10,4	12,7	21,3	11,4	17,0	11,7	13,7	14,8	6,9	7,3
Po	9,7	11,9	20,4	12,1	19,3	10,8	12,6	13,5	7,1	8,1
676	14,2	20,5	29,6	16,5	19,1	14,5	17,6	17,1	10,1	9,1
677	11,3	17,4	25,7			11,7	17,3	16,1		

Tige pr. = tige principale
j. tige = jeune tige
grde tige = la plus grande tige

(1) $k = \frac{\pi}{4} \neq 1,27$.

Tableau d'interprétation général.

Effet variété	T.S.	variété × traitement	N.S.
Effet traitement	T.S.	variété × âge	N.S.
Effet âge	T.S.	traitement × âge	S.

p. p. d. s. 1,6 mm

L'effet variété est très significatif. L'interaction variété × traitement n'est pas significative dans l'interprétation d'ensemble, mais la comparaison jeune tige en JC et JL, fait apparaître une interaction, elle est relativement moins importante que pour la longueur des folioles.

Nous trouvons 3 groupes :

Taguira : folioles très larges du type *M. sativa*
Provence et *Flamande* : folioles larges
Franconie et *Poitou* : folioles étroites du type *M. falcata*.

Nous retrouvons ici un caractère bien connu de ces populations. Largeur et longueur réagissent très différemment à la photopériode. La largeur apparaît comme un caractère variétal, dont la variation paraît plutôt liée à des phénomènes de croissance, tandis que la longueur serait un caractère variétal dont la variation est plutôt liée au développement, à la mise à fleurs.

EAU 13

de la 5e *feuille ouverte*

L/l					S = k L × l en mm² (1)				
J. C.		J. L.			J. C.		J. L.		
Mars		Nov.	Mars		Mars		Nov.	Mars	
tige pr.	J. tige	grde tige	tige pr.	J. tige	tige pr.	J. tige	grde tige	tige pr.	J. tige
0,97	0,93	1,58	1,84	2,53	134	185	291	70	130
0,89	1,05	1,74	1,47	2,32	114	252	316	60	134
0,89	0,91	1,51	1,68	2,36	97	138	248	63	98
0,90	0,93	1,60	1,71	2,37	83	118	217	68	124
0,98	1,16	1,72	1,66	2,13	162	284	398	131	138
0,97	1,01	1,66			96	238	326		

3. — *Rapport longueur sur largeur.*

Le rapport L/l croît en fonction du temps, mais cette augmentation n'est rapide qu'en JL

— les feuilles sont beaucoup plus allongées en JL qu'en JC

— les variétés semblent réagir différemment à la photopériode et à l'âge. En JC, seules *Provence* et *Taguira* présentent un allongement précoce.

L'allongement relatif après une période de JC classe les variétés dans le même ordre que la repousse hivernale. (tabl. 14)

TABLEAU 14

Allongement relatif après une longue période de jour court

Population	L/l en J.C. novembre / L/l en J.L. J. tige mars	% de plantes en rosette en hiver
Taguira	0,81	ε
Provence	0,75	6
Poitou	0,68	55
Franconie	0,64	—
Flamande	0,62	64

— La comparaison des populations n'est pas facile car le rapport L/l varie avec le développement. Les différences variétales non significatives dans cet essai ont été mises en évidence, par ailleurs, sur les variétés FD 100, Du Puits, Omega.

Il existe multiples formes de folioles. Elles se distinguent par la présence ou l'absence d'échancrure au niveau du mucron, la denticulation, L/l et l'insertion du pétiole. (fig. 9)

4. — *Surface foliaire*

La surface foliaire est très sensible au régime photopériodique. En JC les feuilles sont beaucoup plus grandes, c'est dû à un élargissement beaucoup plus qu'à un allongement des folioles.

La surface foliaire croît en fonction du temps dans les limites de l'expérience, en champ, il en est de même mais à la floraison les feuilles régressent (taille, nombre de folioles) et disparaissent, tous les bourgeons sont induits (voir fig. 14 et 15).

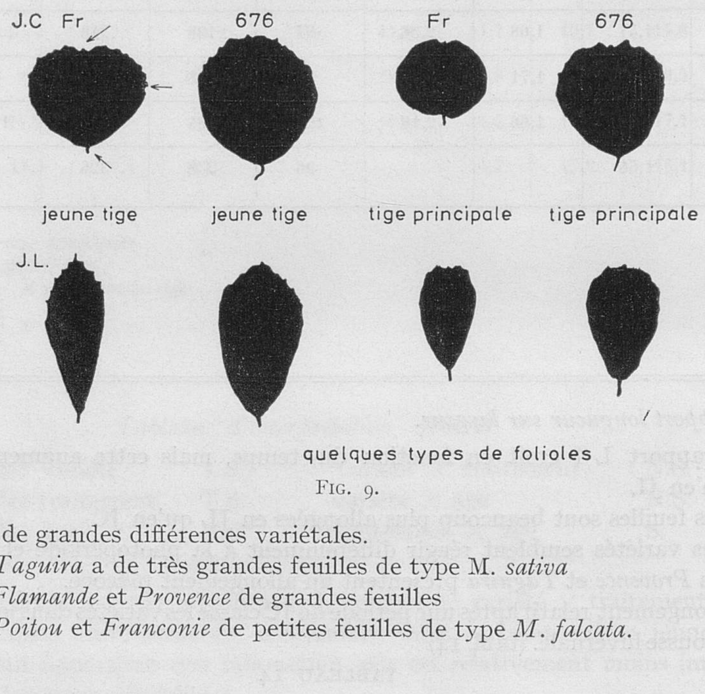


FIG. 9.

Il y a de grandes différences variétales.

— *Taguira* a de très grandes feuilles de type M. *sativa*

— *Flamande* et *Provence* de grandes feuilles

— *Poitou* et *Franconie* de petites feuilles de type *M. falcata*.

IV. — ÉVOLUTION DE LA FORME DE LA FEUILLE EN RELATION AVEC L'INDUCTION FLORIGÈNE

Sur une tige fleurie de luzerne, nous observons à la base des bourgeons végétatifs et à partir d'un certain niveau des bourgeons florifères.

Il se développe 0 à 2 bourgeons à l'aisselle d'une feuille, 0 ou un dans la majorité des cas. Nous observons successivement :

— Un ou 2 bourgeons végétatifs.

— Un ou 2 bourgeons ambivalents

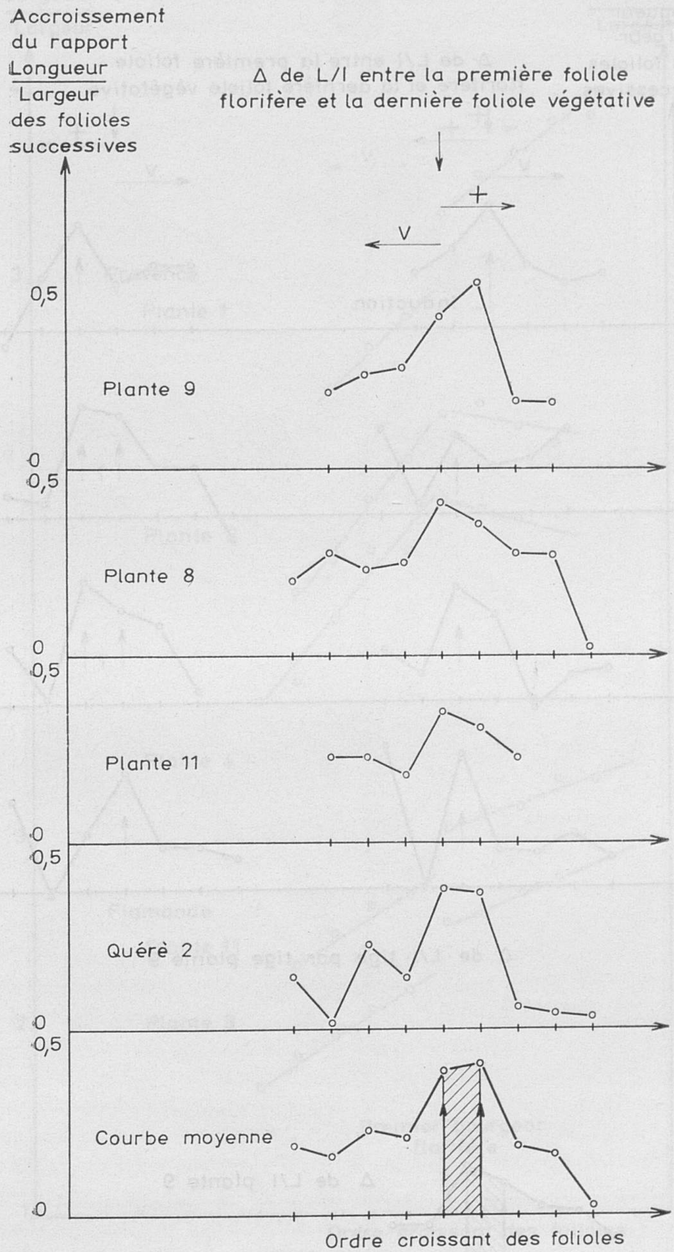

Accroissement
du rapport
Longueur / Largeur
des folioles
successives
Δ de L/l entre la première foliole
florifère et la dernière foliole végétative
+
V
0,5
Plante 9
0
0,5
Plante 8
0
0,5
Plante 11
0
0,5
Quéré 2
0
0,5
Courbe moyenne
0
Ordre croissant des folioles

Fig. 10.

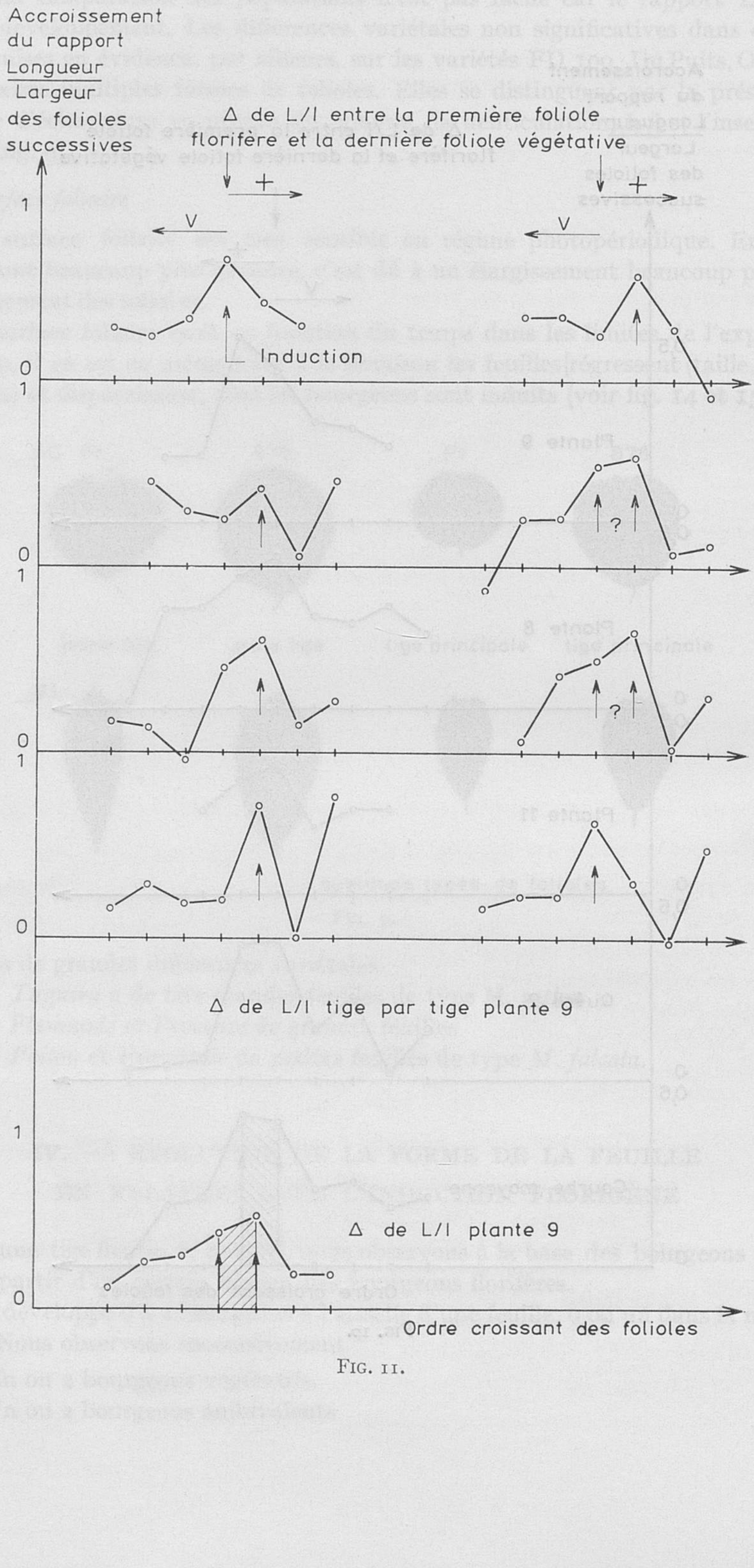

Accroissement
du rapport
Longueur
Largeur
des folioles
successives
Δ de L/l entre la première foliole
florifère et la dernière foliole végétative
+
V
Induction
?
Δ de L/l tige par tige plante 9
Δ de L/l plante 9
Ordre croissant des folioles
0
1

FIG. 11.

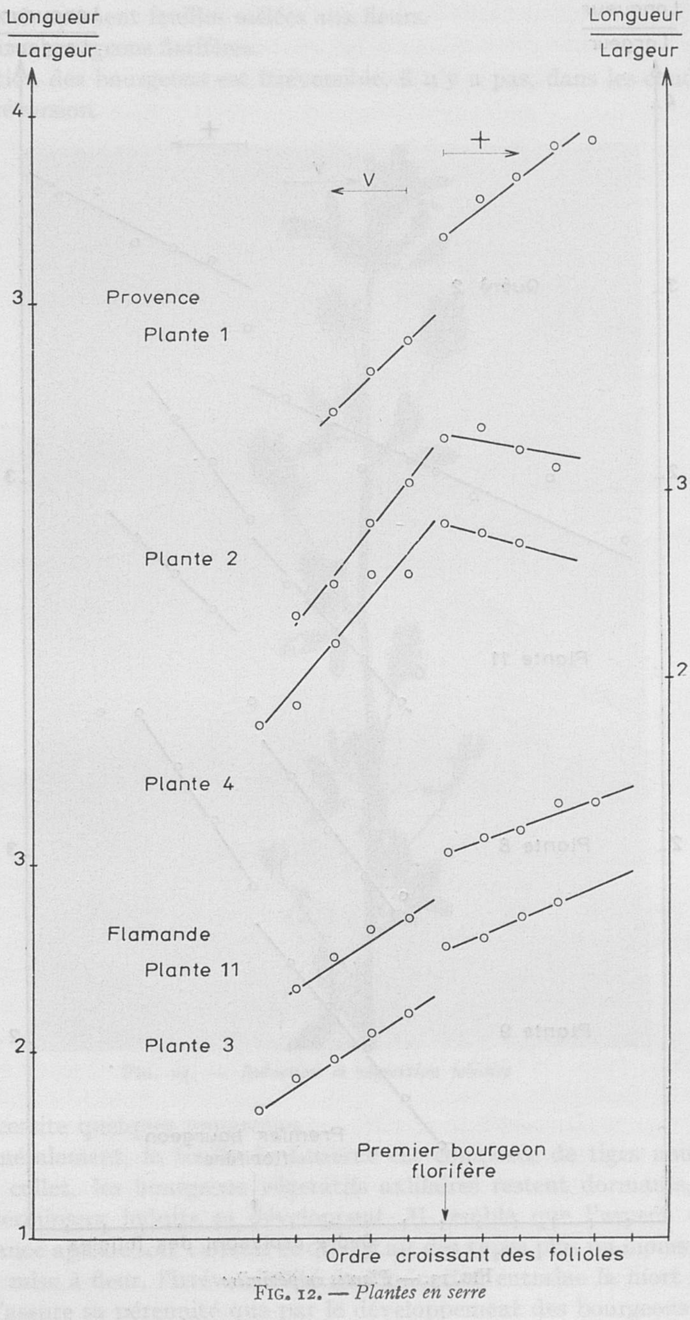


FIG. 12. — *Plantes en serre*

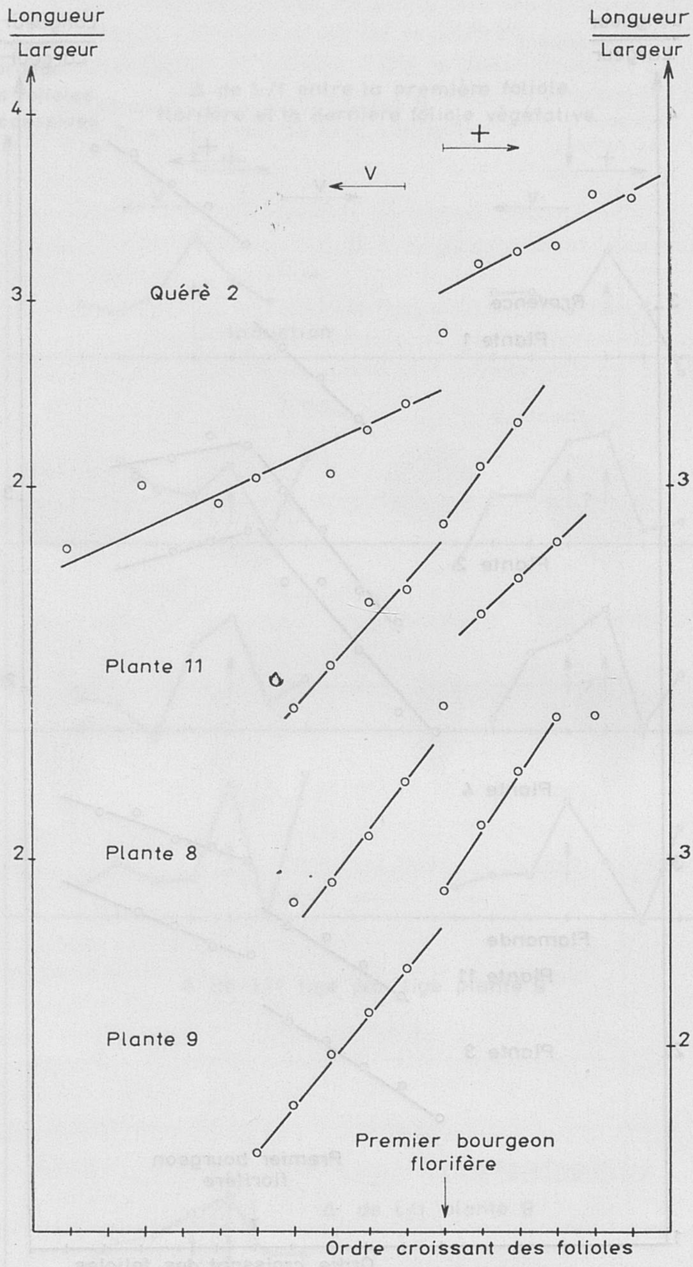


FIG. 13. — *Plantes en pépinière*

c'est-à-dire une grappe florale et une tige associée, le premier entre-nœud étant très court, c'est une zone de transition où nous observons exceptionnellement des anomalies de développement feuilles mêlées aux fleurs.

— Un ou 2 bourgeons florifères.

L'induction des bourgeons est irréversible, il n'y a pas, dans les conditions naturelles, de réversion.

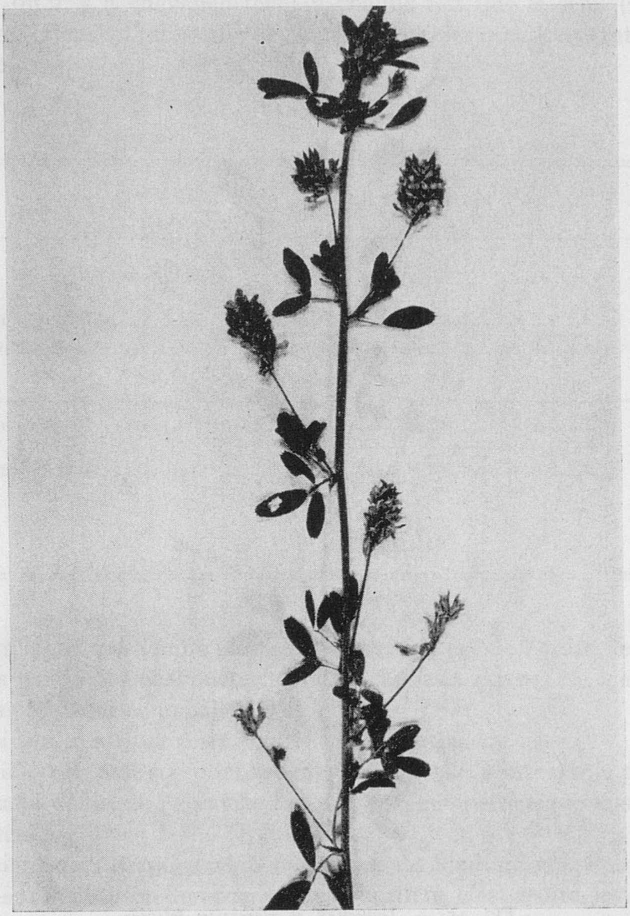


FIG. 14. — *Induction et régression foliaire*

Ceci nécessite quelques remarques :

Très généralement, la touffe de Luzerne est composée de tiges non ramifiées partant du collet, les bourgeons végétatifs axlilaires restent dormants, seuls, les bourgeons terminaux induits se développent. Il semble que l'aspect quantitatif de la dominance apicale soit variétal et qu'il y ait des types plus ou moins branchus, ramifiés. La mise à fleur, l'irréversibilité de l'induction entraîne la mort de la tige. La plante n'assure sa pérennité que par le développement des bourgeons végétatifs du collet, appelé « pousse ». Dans nos conditions, il y a 3 pousses par an, chacune démarre au moment de la pleine floraison de la précédente.

Ce déblocage peut avoir une même cause que la mise à fleur ou être une conséquence de la mise à fleur, l'induction de tous les bourgeons suppriment du même coup apex, feuilles et dominance apicale. La régression foliaire se caractérise par une modification de forme, une diminution de la surface foliaire, une réduction du nombre des folioles, une disparition de la feuille (fig. 14 et 15).

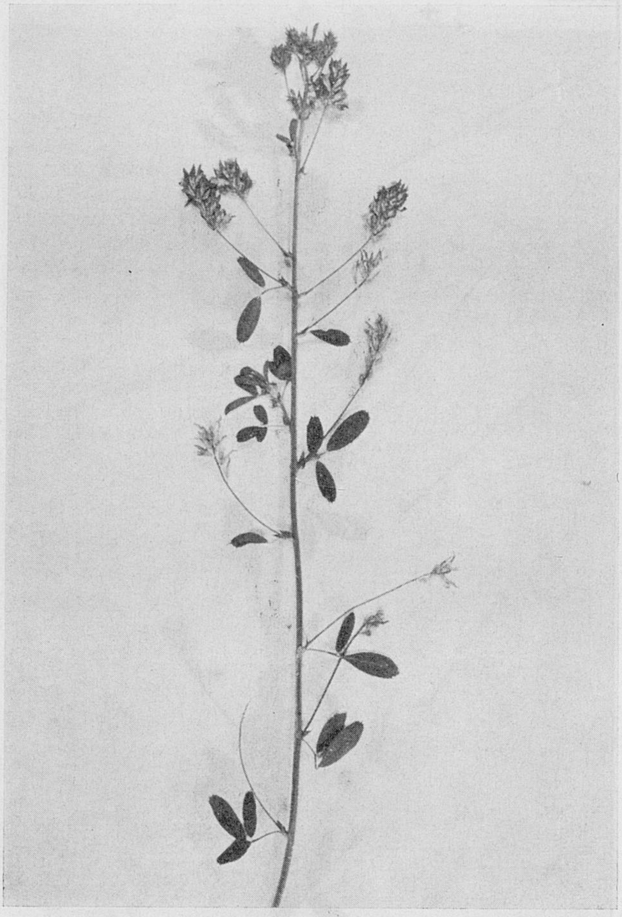


FIG. 15. — *Induction et régression foliaire*

Ce rythme dans la croissance et le développement présente, sinon une homologie, tout au moins une analogie avec les graminées pérennes et leur alternance : montée, tallage.

Corrélativement, le rapport L/l augmente de bas en haut de la tige et pour toutes les tiges d'un même pied de Luzerne dès que le rapport L/l dépasse un certain seuil (de l'ordre de 2 à 3). Il y a induction florigène du bourgeon axilaire correspondant.

Physiologiquement, il est probable que ces 2 manifestations sont liées à une même cause.

Nous nous proposons de mettre ce seuil en évidence en comparant pour une même plante le rapport L/l des derniers bourgeons végétatifs et des premiers bourgeons florifères tige par tige. (tabl. 15).

Observons le tableau de variation L/l, suivant que le bourgeon axiliaire est végétatif ou florifère, le rapport L/l de la foliole est inférieur ou supérieur à 2,7, sur 20 tiges, nous n'observons que 5 chevauchements, dont 4 retards et une avance. Nous dirons qu'il y a chevauchement à chaque fois que le seuil (2,7 dans le cas présent) est extérieur à l'intervalle défini par le dernier nœud végétatif et le premier nœud florifère.

TABLEAU 15

	L/l tige par tige	$\bar{X}$	Δ L/l
Dernier bourgeon végétatif	2,5 . 2,4 . 2,6 . 2,5 . 2,3 . 2,6 . 2,2 . 2,5 . 2,4 . 2,5		
Premier bourgeon induit	2,9 . 2,9 . 3,3 . 2,5 . 3,0 . 2,5 . 2,7 . 2,6 . 2,7 . 2,8		
	3,1 2,8		
Dernier bourgeon végétatif	2,7 . 2,2 . 2,6 . 2,5 . 2,6 . 2,3 . 2,4 . 2,2 . 2,8 . 2,7	2,47	
			0,34
Premier bourgeon induit...........	2,8 . 2,5 . 2,8 . 2,8 . 2,9 . 2,8 . 2,8 . 2,8 . 3,0 . 3,1	2,81	
			0,43
	3,2	3,24	
			0,01

D'ailleurs, pour une feuille donnée, la précision est de l'ordre de 5 à 10 p. 100, soit 0,2. Une partie des chevauchements est due aux erreurs de mesure, mais ceci n'explique pas toutes les anomalies.

Pourquoi ces 2 phénomènes seraient-ils directement liés ?

L'induction est assez probablement brutale, elle n'intervient pas obligatoirement à un stade défini de l'ébauche folioire, on peut penser que le seuil est atteint à un nœud près.

La première feuille qui a subi l'influence de l'induction, peut être en retard ou en avance sur la position du premier nœud florifère, c'est-à-dire, les stades sensibles de la feuille et du bourgeon peuvent être différents. (fig. 16 et 17 et tabl. 16).

Les chevauchements sont peu fréquents (5 pour 20 tiges dans le cas présent, 2 pour 14, 0 pour 18, 3 pour 16, 2 pour 11 au cours d'autres observations) mais de plus, ils sont presque toujours dans le même sens. Il y a retard.

Il est donc probable que la feuille différenciée dans l'apex avant le bourgeons axilliare, devient insensible à l'induction florigène avant le bourgeon.

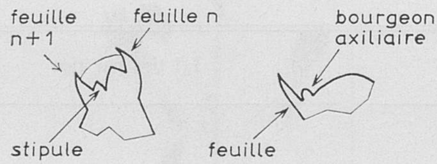
— Si l'induction a lieu dans l'intervalle de temps 2 (voir fig. 17), la feuille et le bourgeon d'ordre n° 1 sont déjà différenciés et restent végétatifs ; la feuille et le bourgeon d'ordre *n* subissent une différenciation florifère.

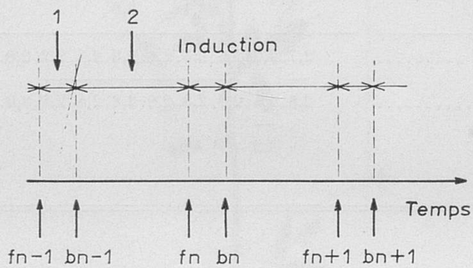
Il y a parallélisme entre allongement de la foliole et mise à fleur du bourgeon axillaire.

— Si l'induction a lieu dans l'intervalle de temps 1,
la feuille d'ordre $n - 1$ est déjà différenciée
le bourgeon d'ordre $n - 1$ ne l'est pas encore, il est mis à fleur.

La première foliole passant le seuil sera d'ordre n, nous observons donc un retard de 1 nœud de la feuille par rapport à son bourgeon axillaire.

Dès que l'un des bourgeons axillaires est induit, le rapport L/l de la foliole correspondante ou de la suivante passe un certain seuil, mais de plus, nous devons probablement observer une discontinuité dans l'évolution de la forme de la feuille au moment [de l'induction. Nous pouvons aussi nous demander sa position par rapport au premier nœud florifère?





Différenciation des feuilles
et des bourgeons

FIG. 16 *et* 17

Examinons le tableau 16 donnant la variation de L/l nœud par nœud.

La variance de L/l ne varie pas de façon sensible avec sa position par rapport au premier nœud florifère.

Par contre, le nombre de chevauchements est minimum entre le dernier nœud végétatif et le premier nœud florifère.

Il semble donc qu'il y ait une brusque variation de la forme de la feuille au niveau du nœud florifère.

L'étude de la variation de L/l par rapport à n et de log L/l par rapport à log n, (n étant le numéro d'ordre du nœud — méthode allométrique de Teissier 1931-1934) montre la même discontinuité bien que ce ne soit pas toujours net (fig. 12 et 13).

Nous observons 2 segments de droites différents pour la phase végétative et la phase florifère avec décrochement et changement de pente.

Nous pouvons également étudier la variation de Δ L/l en fonction du numéro d'ordre n des feuilles (origine au premier bourgeon induit).

TABLEAU 16

Variation de L/l nœud par nœud

Bourgeon	L/l tige par tige														$\overline{X}$	ΔL/l	2σ	Chevauchements (1)	Seuil (2)
Végétatif	2,03	2,01	1,81	1,72	1,72	1,71	1,81	1,79	1,63	1,90	1,86	1,62	1,88	1,79	1,81		0,28		
—	2,15	2,25	2,19	2,01	2,04	2,22	1,91	2,10	1,65	2,08	2,10	1,91	2,16	1,79	2,04	0,23	0,31	4	2,03
—	2,60	2,39	2,48	2,11	2,12	2,27	2,16	2,07	1,88	2,21	2,27	2,62	2,54	2,12	2,28	0,24	0,48	7	2,10
—	*2,54*	*2,57*	*2,52*	*2,29*	*2,36*	*2,41*	*2,61*	2,14	2,19	*2,54*	*2,46*	*2,57*	*2,54*	*2,62*	2,45	0,17	0,33	7	2,28
Induit	2,84	2,96	2,74	2,71	2,74	2,98	2,83	*2,49*	*2,44*	2,89	2,84	2,74	2,96	3,14	2,80	*0,35*	*0,30*	*2*	*2,62*
—	3,13	3,16	2,89	3,06	3,24	3,16	2,80	3,10	3,02	3,06	3,15	3,00	3,14	3,65	3,10	0,30	0,25	3	2,96
—	3,37	3,35	3,25	3,17	3,42	3,38	3,22	3,28	3,26	3,10	3,38	3,65	3,53	3,48	3,34	0,24	0,30	3	3,16

(1) *Chevauchement :* Pour une tige et un entre-nœud donnés, il y a chevauchement à chaque fois que le seuil est à l'extérieur de l'intervalle défini par les rapports L/l des feuilles encadrant cet entre-nœud.

(2) *Seuil :* Le seuil est défini pour la plante et pour chaque entre-nœud (ordonné à partir du 1er bourgeon induit). C'est le rapport L/l provoquant le minimum de chevauchement.

Nous avons toujours observé un maximum de variation du rapport longueur sur largeur pour les premières et secondes feuilles florifères. (fig. 10).

— Nous pouvons même prévoir que si l'hypothèse précédente est exacte, c'est-à-dire : si l'induction provoque une variation brutale de la forme de la première feuille apicale non différenciée, les courbes de Δ L/l en fonction de *n* seront différentes dans le cas de la moyenne des tiges d'une même plante et dans le cas des courbes de chaque tige prise séparément.

Dans le premier, nous aurons 2 maxima correspondant aux premières et aux secondes feuilles florifères ; dans le second cas, nous n'aurons qu'un maximum soit pour la première, soit pour la seconde ; c'est ce que nous observons malgré l'imprécision es mesures dans les données tige par tige (fig. 11)..

CONCLUSION

La longueur du jour entraîne de profondes modifications dans la croissance et le développement.

En jour long, la croissance mesurée par le nombre de feuilles est plus rapide, la différence se manifeste surtout par un décalage au départ, les taux de croissance ultérieurs étant très voisins.

Les jours longs modifient toute la morphologie de la plante, ils provoquent un allongement des entre-nœuds, accélèrent la ramification en âge et en stade sans en changer la localisation mais par contre les jours courts provoquent un allongement considérable des pétioles, une augmentation de la surface foliaire surtout par l'intermédiaire de la largeur, la longueur étant relativement moins sensible surtout dans les premiers stades.

Pour avoir une meilleure idée de la croissance, il serait indispensable de faire des pesées de matière sèche, des rapports feuilles-tiges et même des analyses chimiques, les plantes en jour court et en jour long n'étant pas comparables.

Des études précises de croissance permettraient d'aborder un problème fondamental de l'hétérosis :

Consiste-t-il en un avantage unique au départ ? ou en une supériorité à tous les stades ?

Et un problème agronomique :

Le tri des hybrides au stade jeune en conditions contrôlées pour faire une présélection et alléger d'autant les essais en champs.

D'autre part, si le problème de la mise à fleur est très étudié, certains aspects agronomiques ou techniques importants restent à aborder :

L'intensité de floraison, la durée minima d'une génération de graine à graine et le nombre de générations réalisables en une année. Comme nous l'avons vu, les conditions optima pour réaliser chaque stade de développement peuvent être différentes et restent à définir quant à la température, la quantité de lumière et la photopériode.

A côté de ces considérations générales, les réactions photopériodiques sont très variables avec l'origine de la population, les jours courts extériorisent les différences variétales en fonction de l'appartenance relative d'une population naturelle au type *falcata* ou au type *sativa*.

Cependant, nous ne trouvons pas un simple gradient des réactions permettant de situer les différents écotypes entre *Medicago falcata* L & *Medicago sativa « sensu stricto.* » Les populations naturelles étudiées présentent un éclatement de caractères, une disjonction des caractéristiques physiologiques et morphologiques de leur double origine déjà mise en évidence par les études de MAYER, VINCENT et ÉCOCHARD (*Les populations françaises de luzerne* 1951).

Reçu pour publication en novembre 1963.

SUMMARY

EVALUATION OF A PRELIMINARY INVESTIGATION OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF LUCERNES

A comparative study was carried out on various French, German and North African ecotypes- *Flamande, Poitou, Provence, Franconie, Gabès* and *Taguira* under controlled conditions of temperature and for two distinct photoperiodic regimes, one 9 and the second 24 hours of illumination.

I. — *Early growth.*

The growth assessed by the number of leaves, is initially faster with long hours of illumination, but subsequently the rates of growth even out (fig. 1). The varietal effects are significant (table. 4, fig. 2 and 3).

Ramification first occurs at a much earlier stage and at a younger age under long illumination than under short illumination ; its localisation does not vary (table. 2).

II. — *Earliness of flowering and floral induction.*

North African ecotypes are very early (fig. 4, table. 7).

Flowering and florigenic induction occur as two distinct phenomena or stages. No plants flowered under the shorter illumination ; however, the populations related to *Medicago sativa* (*Gabès, Taguira*) had a much higher percentage of induced plants than the *falcata* (*Poitou*) populations (table. 8).

III. — *Morphology in relation to the time of illumination and origin.*

Folioles and internodes increase in length under long illumination (table. 10, 11, 12, 13 and fig. 5 6, 7, 8).

The leaf surface and stalk increase under short illumination (tabl. 9, 13).

The factors due to origin, age, and photoperiod are found to be mutually interaction (tabl. 13, fig. 9).

IV. — *Evolution of the leaf formin relation to florigenic induction.*

At the level of the first or second flowerd-bearing but of a stem, the corresponding leaf undergoes pronounced elongation, and the length/width ratio of the principal foliole exceeds the characteristic value for the plant. Morphological discontinuity was observed (fig. 10, 11, 12, 13 and tabl. 16).

Blossoming brought about regression and disappearance of the leaves : the surface and number of folioles diminished (fig. 14 and 15). At the same time, the buds in the crown entered a stage of active growth.

This points to a growth-development rhythm and alternating vegetative-reproductive phases.

This study allows the classification of these populations as either *Medicago sativa* or *Medicago falcata,* the discernment of a number of agronomic properties applicable to selection and, finally, the better understanding of problems concerned with exploitation.

ZUSAMMENFASSUNG

BERICHT ÜBER EIN EINLEITENDES EXPERIMENTALVERFAHREN ZUR UNTERSUCHUNG DES WACHSTUMS UND DER ENTWICKLUNG DER LUZERNE

Verschiedene französische, deutsche und nord-afrikanische Ecotypen : *Flamande, Poitou, Provence, Franconie, Gabès* und *Taguira*, wurden unter kontrolierten Temperaturbedingungen verglichen, und, zwar, für zwei photoperiodische Zustänce : 9 und 24 Stunden Beleuchtung.

I. — *Wachstum im frühzeitigen Entwicklungstadium.*

Das durch die Anzahl Blätter augsgedrückte Wachstum ist, von Anfang an, schneller bei Langtag ; nachher, sind die Wachstum geschwindigkeiten vergleichbar (Abb. I.). Die Sortenwirkungen sind charakteristisch (Tafel 4, Abb. 2 und 3).

Sowohl stadiummässig als altersmässig, tritt die erste Verzweigung viel früher bei Langtag als bei Kurztag auf, wobei die Lage der Verzweigung selbst keine Veränderung erfährt. (Tafel 2).

II. — *Vorzeitigkeit des Blühens und der Blüteninduktion.*

Die nord-afrikanischen Arten sind sehr frühzeitig (Abb. 4-Tafel 7).

Die Blühen und die Bluteninduktion zeigen sich als zwei verschiedene Phänomene, zwei unterschiedliche Etappen. Bei Kurztag, hat keine Pflanze geblüht, aber die mit *Medicago sativa* (*Gabès, Taguira*) verwandten Populationen wiesen einen viel höheren Prozensatz von induzierten Pflanzen auf, als die von *falcata* (*Poitou*) stammenden Populationen (tafel 8).

III. — *Morphologie in Beziechung mit Tageslände und Abstammung.*

Bei Langatg verlängern sich die Blättchen und die Knotenweiten (Tafel 10, 11, 12, 13 und Abb. 5, 6, 7, 8).

Die Laubflächen und die Länge der Blattstiele nehmen bei Kurztag zu, (Tafel 9, 13).

Abstammung, Alter, Photoperiode wirken aufeinander (Tafel 13, Abb. 9).

IV. — *Entwicklung der Blattform in Beziehung mit der Blüteninduktion.*

Auf gleicher Hohe mit der ersten oder zweiten blütentragenden Knospe eines Stiels, verlängert sich plotzlich das sprechende Blatt und das Verhältnis Länge zu Breite des Hauptblättchens überschreitet einen für die Pflanze charakteristischen Schwellenwert. Eine morphologische Unterbrechung wurd festgestellet (Abb. 10, 11, 12, 13, Tafel 16).

Die Blütenbildung hat eine Regression und das Verschwinden der Blätter zur Folge : die Fläche und die Zahl des Blättchen nehmen ab (Abb. 14 und 15). Gleichzeitig, treten die Wurzelhalsknospen in ein aktives Wachstum ein.

Hiermit, ist ein Rhytmus : Wachstum-Entwicklung und ein Wechsel von vegetativer zur reproduzierende Phase nachgewiesen.

Diese Untersuchung erlaubt die relative Zugehörikeit dieser Population zu *Medicago sativo* oder *Medicago falcata* zu bestimmen, einige zur Züchtung brauchbare landwirtschaftlichen Merk male zu erkermen und, schliesslich, die Anbauprobleme besser zu erfassen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHOUARD P., 1960. Cours de physiologie végétale approfondie. *Faculté des Sciences de Paris.* (non publié).

DEMARLY Y., 1957. Biologie et Exploitation .de la luzerne. *Ann. Amélior. Plantes*, **3**, 247-272.

DEMARLY Y., 1957. Principaux aspects de la sélection des luzernes à la Station centrale d'Amération des Plantes de Versailles. *Ann. Amélior. Plantes*, **3**, 273-286.

DEMARLY Y., 1960. Essais sur les variétés de Luzerne dans les pays de l' O. E. C. E. *Documentation dans l'alimentation et l'Agriculture*, **23**, 157-234.

DOOREMBOOS J. and WELLENSIEKS J., 1959. Photoperiodic control of floral induction. *Ann. Rev. Plan-Physiol.*, **10**, 147-184.

LIBBERT E., 1961. La dormance des bourgeons et ses relations avec l'inhibition corrélative. *Bul. Soc. fr. Physiol. vég.*, **7**, 55-73

MAYER R., VINCENT A., ÉCOCHARD R., 1951. Les populations françaises de luzerne. *Ann. Amélior. Plantes*, **2**, 1-46.

SCHWARTZ D., CUZIN J., 1950. Étude quantitative de la croissance du tabac. I. Croissance globale. *Ann. Inst. Exp. Tabac-Bergerac*, **1**, 2-29.

SCHWARTZ D., RENIER A., FARBY A., CUZIN J., 1951. Étude quantitative de la croissance du tabac. II. Morphogenèse foliaire (croissance et développement). *Ann. Inst. Exp. Tabac-Bergerac*, 1, 55-95.

TEISSIER G., 1931. *Trav. sta. Biol. Roscoff*, **9**.

TEISSIER G., 1934. *Dysharmonie et discontinuités dans la croissance*, Hermann et C[ie]. Paris.

VAN DER VEEN R., and MEIJER G., 1962. *Light and plant growth*, p. 161, Philips Technical Library, Eindhoven.

ZALESKI A., 1954. Lucerne investigation. I. Identification and classification of lucerne varieties and traint *J. of Agric. Sci.*, **44**, 199-200.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (4), 419-426

ÉTUDE DE LA RÉSISTANCE A DIFFERENTS PARASITES D'UNE COLLECTION DE VARIÉTÉS D'ORGE

A. BERBIGIER, J. CHÉRY et R. de LARAMBERGUE

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches agronomiques, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches agronomiques du Midi, Montpellier (Hérault)

Station d'Amélioration des Plantes,
Centre de Recherches agronomiques du Centre-Est, Dijon (Côte d'Or)

SOMMAIRE

Dans la première partie de cette note, nous rapportons les observations faites sur cette collection, dans les stations de l'I. N. R. A. ; dans une seconde partie, nous indiquons l'existence probable d'une interaction « Variété-milieu », en ce qui concerne la résistance à l'Oïdium, pour certaines variétés.

I. — OBSERVATIONS FAITES SUR LA COLLECTION

La collection dont il est question dans cette note a été observée, en 1963, à Gembloux et Wageningen ainsi que dans les Stations d'Amélioration des Plantes de Clermont, Dijon, Montpellier, Rennes et Versailles. Un compte rendu de l'ensemble des observations sera publié ultérieurement dans le cadre de « *Eucarpia*». La présente note concerne uniquement les observations faites dans les Stations françaises.

La liste de cette collection a été établie après accord entre les Stations de Gembloux et Wageningen et le Groupe « Orge » de l'I. N. R. A., en fonction de données expérimentales et bibliographiques (1) ; nous désirions étudier les résistances aux parasites suivants :

Oïdium : *E. graminis* D. C. *hordei* MARCH.
Rouille naine : *P. hordei* OTTH.
Rouille jaune : *P. glumarum* ERIKSS et HENN.
Charbon nu : *Ustilago nuda* (JENS.) ROSTR.

(1) Nous nous sommes référés, en particulier, à des observations antérieures de A. CAUDERON (données non publiées) et G. DANTUMA (*Communication personnelle*).

Le Marssonia (*Rhynchosporium secalis* OUD. J. J. DAVIS) ne figure pas dans cette liste, Il était, en effet, difficile de faire un choix de variétés résistantes, les données publiées en Europe, sur ce parasite, étant, à notre connaissance, très fragmentaires. En ce qui concerne les Stations de l'I. N. R. A., c'est à Rennes que ce parasite sévit avec le plus de régularité ; cependant, de fortes attaques ont parfois été enregistrées à Versailles, en particulier sur les descendances de croisements « hiver × printemps ».

La présence de Marssonia à Rennes, en 1963, nous a donné des indications sur le comportement possible des variétés de notre collection vis-à-vis de ce parasite. La variété *Trebi,* que nous avons retenue pour sa résistance supposée au Charbon nu, est considérée comme résistante au Marssonia, aux États-Unis ; dans ce pays, on recommande aussi l'orge d'hiver *Hudson* comme géniteur de résistance au *Rhynchosporium.*

Nous avons exclu de notre étude, pour le moment, les parasites justiciables de traitements simples, tel *Helminthosporium sativum* PKB.

Enfin, nous avons naturellement cherché à diversifier les sources de résistance ; cependant, certains hybrides ont été inclus dans la collection à côté de leurs parents résistants ; ce sont :

— l'Orge hollandaise *Emir,* issue d'*Arabische ;*

— les lignées de la Station de Dijon (*Freja* × *Jerusalem*) 7-14 et (*Triple awn lemma* × *Rigel*) 59 dont les parents résistants sont *Jerusalem II* et *Triple awn lemma.*

Échelle de notation.

Nous avons utilisé, en 1963, une échelle 0-5, 0 correspondant à l'absence du parasite, 5 à un envahissement total du système foliaire (1). Cette échelle rend compte du degré d'envahissement par le parasite ; elle n'explicite pas, sauf conventions supplémentaires, la nature de la réaction de la plante. Un correctif a été apporté, à Clermont, Montpellier et Rennes, par l'indication des réactions de type nécrotique, pour l'Oïdium.

Le degré d'infestation d'une plante dépend, bien entendu, de son type de réaction mais aussi de l'époque et de l'intensité de l'attaque parasitaire. Toutefois, l'expérience montre que, lorsqu'on dispose de plusieurs notations correspondant à différentes intensités d'attaque, cette échelle est parfaitement valable.

Au contraire, l'échelle internationale de notation « Rouilles », et les échelles similaires qui concernent d'autres parasites, explicitent la nature de la réaction de la plante.

Naturellement, l'utilisation de ces échelles est plus difficile et l'origine de certaines nécroses ou chloroses peut même être impossible à déceler en l'absence de sores ou de mycélium du parasite sur la plante et lorsqu'il s'agit d'attaques de faible intensité. Mais l'utilisation d'échelles de ce genre permet de prévoir, dans une certaine mesure, quelle pourra être la réaction de la plante lors d'attaques parasitaires d'intensités différentes.

Tableau.

Le tableau ci-après récapitule les notations effectuées en 1963 (et aussi en 1962, pour certaines variétés) dans les Stations de l'I. N. R. A.

(1) Nous avons utilisé, en particulier, les échelles mises au point à Versailles, par CAUDERON pour l'Oïdium, par MOULE pour les Rouilles, échelles dont l'usage a démontré la valeur. Il est possible de transposer les notations dans l'échelle 1-9, recommandée par *Eucarpia,* par un changement d'origine et d'unité.

TABLEAU I

Variétés	Épiaison (en jours par rapport à *Rika*) (2)	Réaction prévue	Oïdium *E. g.*					
			Dijon 1962	Clermont		Montpellier 1963	Rennes 1963	Versailles 1963
				1962	1963			
Amsel	— 4	R		0	0	N(2,5)	0	0
Abyssinian 1102	— 8	R			0	t	0	0
Abyssinian 1128	— 3	R			0	N(3)	0	0
Abyssinian 1139	— 7	R			N(3)	N(4)	N(4)	0
Anoïdium	— 8,5		—	3	0,5	t	2,5	2
Arabische	— 7,5	R			0	0	0	0
Baladi 16	— 14		4,5	2	2,5	4	2	3
Bavaria	+ 3		—	2	3	3,5	3	4
Bigo	+ 2		—	2	3	2,5	4	3
Carrée de printemps	— 1		—	2	2,5	3	2,5	2
C. I. 1227	+ 3				2	N(3)	N(2)	0
C. I. 1237	+ 3				2	N(3)	N(1,5)	0
C. I. 1243	— 2,5				N(3)	N(2,5)	0	0
C. I. 2376	— 1				N(3)	4	N(1)	0
C. I. 3208-1	+ 0,5				0	N(3)	0	0
Dabat	— 2,5		4,5	3	2	4	—	4
Djeddah	— 6		—	2	1	4	—	3
E. P. 79	— 8	R			0	N(1,5)	0	
Emir	+ 1,5	R	—	0	0	N(1)	0	0
Engledow India	— 12,5	R	0	0	0	N(3)	0	0
La Estanzuela 75 A	— 0,5		5	2	2,5	3,5	—	3,5
(Freja × Jerusalem) 7-14	+ 2	R	—	0	0	N(3)	0	0
Gatersleben mut. 511	— 0,5	Coll. Nover	2,5	0	0	4	0	0
Gondar	— 2		4,5	3	2	4	3	3
Haïsa	+ 1,5	Coll. Nover	3	0,5	1	4	3	3
Harrar	— 8			0	0	2	1	0
H. spontaneum nigrum	— 11	Coll. Nover	0	t	0	N(2)	0	0
Heils Franken	— 3,5		—	2	2	3,5	3	
Dans Irisaka 8-31	+ 3	R	—	0,5	0	N(3,5)	0	0
Jet	— 4,5		—	2	1,5	N(2,5)	0	0
Japan I	— 0,5				4	3	N(3)	0
Jerusalem II	— 11,5	R	0	0	0	N(4)	0	0
July	— 2,5		—	2,5	3	4	3,5	3
Lyallpur 3645	— 10,5	R			0	N(1,5)	0	0
Lyallpur 3647	— 15,5	R			1	0	0	0
Lyallpur 4595	— 3	R	0	0	0	N(2)	0	0
Menelik	— 7		0	0	2,5	3	0	0
Monte Cristo	— 13,5	R	0	0	0	N(2,5)	0	0
Nepal	— 5,5		—	1	2	5	3,5	
Ragusa b	— 2,5	Coll. Nover	3	0,5	0,5	2	1,5	0
Rinn 4	+ 4,5	Coll. Nover	2	2,5	2,5	2,5	0	0
Saale mut. 5455 (1)	— 4	R	0	0	0	N(1,5)	0	0
Trebi	— 6		—	2,5	2,5	3,5	3	2,5
Triple awn lemma (T. a. l.)	— 1,5	R	0	0	0	N(2)	0	0
(T. a. l. × Rigel) 59	— 1,5	R	—	0	0	N(2)	0	0
Velvet	— 5,5			2	3	3,5	3,5	
Weihenstephan 37 136	— 1	Coll. Nover	3	2	3	4	3	4
Weihenstephan 41 145	+ 0,5	Coll. Nover	3	2,5	3	4	1	2,5
Weihenstephan CP. 127 422	— 4	Coll. Nover	2	0,5	0,5	2,5	0	0
Piroline	— 3,5		1,5	1,6	1	3,3	0	0,3
Rika	15-6-63		2	1,9	1,5	3,2	3	2,3

TABLEAU I *(suite)*

Variétés	R. Naine *P. h.* Réaction prévue	R. Naine *P. h.* M 1962	R. Naine *P. h.* M 1963	R. Naine *P. h.* V 1963	R. jaune *P. gl.* Réaction prévue	R. jaune *P. gl.* Rennes 1962	R. jaune *P. gl.* Rennes 1963	*Rhynchosporium R. s.* Rennes 1963	C. nu *U. n.* Réaction prévue
Amsel			4,5	1,5			1	2	
Abyssinian 1102			5	3	R		0	2	
Abyssinian 1128			5	2,5	R		0	2	
Abyssinian 1139			5	2	R		0	0	
Anoïdium			5	—			3,5	2,5	R
Arabische			2,5	0	R		0	3	R
Baladi 16	R	t	2,5	0		5	—	4	
Bavaria			t	0	R		0	2	
Bigo			1,5	1	R		0	0,5	
Carrée de printemps			3	2			4	1	R
C. I. 1227			5	2,5	R		0	0	
C. I. 1237			5	2,5	R		0	0	
C. I. 1243			4	1	R		0	0,5	
C. I. 2376			5	2	R		0	0	
C. I. 3208-1			5	3	R		0	0	
Dabat	R	t	2,5	0		1,5	2	3	
Djeddah			5	1,5			1,5	2	R
E. P. 79			5		R		0	1	
Emir			3,5	0,5	R		0	0,5	
Engledow India		5	t	0		5	1,5	4,5	
La Estanzuela 75 A	R	0	t	0		1	1	2	
(Freja × Jerusalem) 7-14		2	t	0	R	t	0	0,5	
Gatersleben mut. 511		3,5	4	0,5		0,5	0,5	0	
Gondar	R	t	0	0		1,5	1,5	2,5	
Haïsa		5	t	1		t	1	1	
Harrar			4,5	4			0	0,5	R
H spontaneum nigrum		5	4,5	4		5	4,5	2	
Heils Franken			5	2,5	R		0	3	
Dans Irisaka 8-31		4,5	4,5	2		4	2,5	3	
Jet			5	4	R		0	0	R
Japan I			5	1,5	R		0	0	
Jerusalem II		3,5	2,5	1,5	R	0	0	2	
July			t	1			0	0	R
Lyallpur 3645			5	3			5	5	R
Lyallpur 3647			5	2			4,5	5	R
Lyallpur 4595			5	2		5	5	3,5	
Menelik			5	3	R	t	0	2,5	
Monte Cristo			3	0,5		5	—	2,5	
Nepal			2,5	0			2,5	0	R
Ragusa b		4	4	2,5		3,5	2,5	0	
Rinn 4		3	4	0,5		0	1,5	0,5	
Saale mut. 5455			5	2		5	—	5	
Trebi			5	4	—		3	0	R
Triple awn lemma (T. a. l.)			5	0,5		3		0	
(T. a. l. × Rigel) 59		5	3,5	0		t	0	0	
Velvet			3	5			4	0	R
Weihenstephan 37136		4,5	5	2		0	0	0	
Weihenstephan 41145		4,5	5	1		1,5	2,5	0	
Weihenstephan CP 127422		4,5	5	2,5			2,5	2	
Piroline		3,2	3,7	1,5		0	0	3	
Rika		4	3	1,8		3,5	2	2,5	

M = Montpellier — V = Versailles

(1) *Saale mutant 5455* proviendrait, en réalité, non d'une mutation mais d'une hybridation naturelle admettant, comme partenaire résistant à l'Oïdium, une Orge de *Lyallpur*.

(2) Moyenne des dates d'épiaison, à Clermont et Rennes, en 1963.

t : Traces (présence épisodique du Champignon sur le système foliaire).

N : Nécroses (les variétés présentant des nécroses avaient, par ailleurs, les notes 0 ou t en ce qui concernait le développement du mycélium ; la note entre parenthèses indique l'extension des nécroses sur le feuillage).

— : lecture incertaine pour différentes causes ; dessèchement du système foliaire, absence du parasite sur les témoins sensibles (maladies « à foyers »), attaque de Nématodes à Dijon, en 1962.

Blanc : la variété ne figurait pas dans la Station.

Remarques.

1° L'attaque d'Oïdium à Montpellier, en 1963, a été sévère ; la plupart des variétés résistantes ont réagi par nécroses. A Dijon, la même année, l'Oïdium ne s'est pas développé ; par contre, une forte attaque a été enregistrée à Colmar où des observations ont pu être faites sur certaines « variétés-réactifs ».

2° Les variétés *Bavaria* et *Heils Franken* ont été indemnes de Rouille jaune, à Rennes. Il est possible que la race 23, à laquelle résistent ces variétés, ait été prédominante dans cette Station.

3° Certaines des variétés observées en 1963 avaient déjà fait l'objet d'une étude dans les diverses Stations, en 1962 ; leurs notes des deux années figurent dans le tableau.

4° En ce qui concerne le Charbon nu, nous devons attendre les résultats de contaminations artificielles pour connaître le comportement des variétés données comme résistantes.

5° Les notes données en 1962, puis en 1963, dans une même Station, diffèrent pour quelques variétés. On peut penser à une interaction entre la précocité variétale et l'époque d'attaque, ou encore à une dominance de tel ou tel génotype du parasite en fonction des conditions de l'année.

Résultats.

On constate que certaines variétés, résistantes à un parasite, se montrent très sensibles à un ou plusieurs autres (cas des Orges abyssiniennes vis-à-vis de la Rouille naine, des Orges de *Lyallpur* vis-à-vis des Rouilles naine et jaune et du Marssonia). Si cette caractéristique les rend moins désirables pour l'utilisation en sélection, on ne doit pas oublier, cependant, qu'il est nécessaire de conserver toute source originale de résistance à un parasite.

Le tableau ci-après groupe les géniteurs qui paraissent les plus intéressants ; les notes qui y figurent sont celles de 1963.

TABLEAU 2

Variétés	Oïdium *E. g.*				R. naine *P. h.*		R.jaune *P. gl.*	Marssonia *R. s.*
	C	M	R	V	M	V	R	R
Arabische	0	0	0	0	0,5	0	0	3
Emir	0	N(1)	0	0	3,5	0,5	0	0,5
EP 79	0	N(1,5)	0	0	5		0	1
(*Freja* × *Jerusalem*) *7-14*	0	N(3)	0	0	t	0	0	0,5
Jerusalem II	0	N(4)	0	0	2,5	1,5	0	2
(*T. a. l* × *Rigel*) *59*	0	N(2)	0	0	3,5	0	0	0
Témoins *Piroline*	1	3,3	0	0,3	3,7	1,5	0	3
Témoins *Rika*	1,5	3,2	3	2,3	3	1,8	2	2,5

C = Clermont ; M = Montpellier ; R = Rennes ; V = Versailles.

II. — ÉTUDE DE L'INTERACTION « VARIÉTÉ-MILIEU » DANS LE CAS DE L'OIDIUM

Les variétés de la « collection-test » de NOVER pour l'Oïdium ont été observées en 1962 et en 1963 ; nous donnons, ci-après, les notes qui les concernent.

TABLEAU 3

Variétés	Oïdium E. g.							
	Clermont		Dijon-Colmar		Montpellier		Rennes	
	1962	1963	1962	1963	1962	1963	1962	1963
Haïsa	0,5	1	3	3	2,5	4	0,5	3
Weihenstephan CP 127422	0,5	0,5	2	2,5	t	2,5	*0*	*0*
Ragusa b	0,5	0,5	3	4	*0*	2	*0*	1,5
Weihenstephan 37136	2	3	3	4,5	2	4	2	3
Weihenstephan 41145	2,5	3	3	4,5	0,5	4	*0*	1
Rinn 4	2,5	2,5	2	4	0,5	2,5	*0*	*0*
H. spontaneum nigrum	t	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
Gatersleben mut. 511	*0*	*0*	2,5	4	t	4	*0*	*0*

D'après ces notes, les races qui prédomineraient, dans chaque Station, seraient les suivantes :

Clermont : Race C_2.
Dijon (et Colmar ?) : Race C_3.
Montpellier : Race C_3.
Rennes : Race D_1.

Cependant, des observations faites à Montpellier en 1959-1960 et 1960-1961, sur plantules et sur plantes adultes, ont permis de détecter l'existence d'autres races que la race C_3. Des différences de réaction des plantes vis-à-vis du parasite, en fonction de leur stade de développement, ont probablement joué. Il est également possible que, à partir d'un biotype donné du parasite, tel ou tel génotype ou race puisse dominer en fonction de conditions écologiques particulières qui résultent du climat de l'année, de la saison où sont faites les observations.

En 1962, nous avions remarqué que certaines des variétés, dont le comportement vis-à-vis des parasites faisait l'objet d'une étude commune, avaient obtenu des notes différentes suivant les Stations. Ces variétés ont été observées à nouveau en 1963. Nous donnons, ci-après, les notes qu'elles ont obtenues au cours de ces deux années (la station de Versailles ne figure pas dans le tableau car l'Oïdium ne s'y est pas développé, sur l'Orge, en 1962).

TABLEAU 4

Variétés	Oïdium *E. g.*							
	Clermont		Dijon-Colmar		Montpellier		Rennes	
	1962	1963	1962	1963	1962	1963	1962	1963
G. B. 96	2	1,5	2	3,5	3	4	*0*	*0*
Huwan C. I. 1080	*0*	1	2	3	*0*	*0*	2	2,5
Ontario 204	1	*0*	2	4	3	1,5	*0*	*0*
Ontario 206	*0*	0,5	*0*	0,5	3	2	*0*	*0*
Stephan	1,5	3	2	4,5	2,5	2	*0*	*0*
Ysabel	1	1	3	3,5	*0*	*0*	*0*	*0*

Nous avons vu que la « collection-test » de NOVER ne nous permet pas de différencier véritablement les biotypes d'Oïdium de Dijon et de Montpellier. Le tableau ci-dessus permet cette différenciation. Par contre, celle des biotypes de Clermont et Dijon devient beaucoup plus incertaine. On remarque toutefois, malgré la faible intensité de l'attaque d'Oïdium à Clermont, qu'il existe une différence de notation entre *GB 96* et *Ontario 204* dans cette Station, alors qu'il n'existe pratiquement pas de telle différence à Dijon et Colmar. Ceci militerait en faveur de la présence de deux biotypes différents ; la « collection-test » de NOVER nous a donné une indication encore plus nette dans ce sens.

En définitive, nous constatons que la « collection-test » de NOVER est un instrument de séparation insuffisant, dans notre cas, Il est nécessaire de continuer cette étude si on veut mettre au point une « collection-test » appropriée.

CONCLUSION

Les résultats qu'on peut obtenir dans une étude du comportement variétal vis-à-vis des parasites sont immédiatement applicables en Sélection.

Cependant, il est incontestable qu'il y aurait une perte d'information si on envi-

sageait les choses sous ce seul aspect. En effet, l'observation des réactions pathologiques des variétés, dans le milieu naturel, a sa place dans un programme de recherches destiné à identifier les facteurs de résistance à tel ou tel parasite et, sur un plan plus général, à approfondir notre connaissance des mécanismes de résistance ; elle est un complément indispensable des observations en serre puisqu'elle permet d'étudier au champ, sur plantes adultes, le comportement des différents types de résistance.

Elle peut permettre aussi, et ce n'est pas son moindre intérêt, de différencier certains biotypes d'un parasite et de déceler, éventuellement, leur évolution dans le temps.

Reçu pour publication en mai 1964.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

NOVER I, 1957. Physiologische Spezialisierung des echten Mehltaus. *Phytopathol. Z.*, **31**, 85-107.

HOFFMANN W., 1959. Gerste. Resistenz gegen pilzliche Schädlinge. *Handb. Pflanzenzücht.*, **2**, 354-381.

MOES A., 1960. La résistance au Charbon nu de l'Orge cultivée. *Rev. Agric.*, **13**, 1, 120-124.

NIEMANN E., 1961. Flugbrandresistente Gerstensorten. *Z. Pflanzenzücht.* **45**, 8-16.

PEDERSEN P. N., 1962. Testing varieties of barley for physiological resistance to loose smut, *Ustilago nuda* (JENS.) ROSTR. *K. Vet. Landbohojsk Arsskr.*, 124-143.

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (4), 427-448

LE CATALOGUE DES ESPÈCES FRUITIÈRES. VARIÉTÉS AUTORISÉES A ÊTRE COMMERCIALISÉES EN FRANCE

Le Catalogue des Espèces et Variétés de plantes cultivées, institué par le décret du 16 novembre 1932 a été ouvert aux variétés d'arbres fruitiers par arrêté en date du 17 mars 1954, pour les espèces suivantes : Abricotier, Pêcher, Prunier, Cerisier, Pommier et Poirier.

Par décret du 22 janvier 1960, Monsieur le Ministre de l'Agriculture a institué, pour le substituer au premier, un nouveau « Catalogue des espèces et variétés de plantes cultivées ». Celui-ci doit comporter, pour les espèces qu'il mentionne, la liste limitative des variétés ou types variétaux dont les semences ou plants peuvent être commercialisés en France mais, point important, seules les variétés dont la valeur culturale est suffisante figurent sur les nouvelles listes.

C'est au « Comité technique permanent de la Sélection » qu'incombe la responsabilité de proposer au Ministre de l'Agriculture l'inscription des variétés au Catalogue ; les propositions sont faites compte tenu de résultats expérimentaux acquis dans les Stations de l'Institut national de la Recherche agronomique. La durée de l'inscription est valable pendant dix ans. Elle peut être renouvelée, à la demande de l'obtenteur, par périodes successives de cinq ans.

Les travaux de la Section « Arbres fruitiers » ont eu pour premier objet l'établissement du nouveau Catalogue avec le souci de répondre au but assigné : être un guide objectif, impartial et sûr pour tous ceux qu'intéresse un choix variétal judicieux.

Le nombre des variétés en culture demeurant encore important, une discrimination s'est alors avérée indispensable pour que, dans les listes établies, les variétés les plus intéressantes soient mises en relief. Pour répondre à cette nécessité, l'arrêté ministériel du 24 avril 1961 (*J. O.* du 17 mai 1961) stipule, dans son article 1 :

Les variétés d'arbres fruitiers, « cultivars », inscrites au Catalogue des espèces et variétés de plantes cultivées, sont classées comme suit :

Classe I — Variétés de grand intérêt cultural devant servir de base à la production fruitière.
Classe II — Variétés d'intérêt plus local ou présentant des caractéristiques spéciales.

Afin que l'arboriculteur soit constamment renseigné sur la classe à laquelle appartiennent les variétés multipliées par le commerce, il apparaît alors souhaitable que tout pépiniériste soucieux d'informer ses clients fasse mention de cette indication sur ses catalogues commerciaux ou documents publicitaires, même si obligation ne lui en est pas faite. Il faut en effet insister sur le fait que seules les variétés présentant un ensemble de qualités reconnues, sans lacune appréciable, figurent désormais dans la classe I.

L'attention des producteurs est appelée sur une autre innovation intéressante : l'ouverture au nouveau Catalogue, d'une *Rubrique particulière* dans laquelle figurent les « *variétés soumises à expérimentation* ».

La commercialisation des plants des variétés inscrites à cette rubrique est autorisée au même titre que celle des variétés inscrites dans les classes I et II.

Il importe cependant de prévenir le producteur que, s'il met en culture des « variétés soumises à expérimentation » il le fait à ses risques et périls, aucune sécurité ne pouvant lui être donnée quant à la valeur réelle de ces variétés.

Un règlement technique a prévu comment seraient effectuées l'étude et l'expérimentation des variétés devant être inscrites et a fixé les modalités de leur inscription. On porte une attention particulière, en plus du caractère de *nouveauté*, à l'état sanitaire et à la valeur culturale.

Les caractères suivants, valables pour toutes les variétés (de culture nouvelle ou ancienne) et notés de 1 à 9, sont pris en considération :

1. Coloration, régularité de forme et calibre, grosseur du fruit ;
2. Qualité du fruit (fermeté, goût) ;
3. Époque de maturité (notée en fonction des lacunes présentées par les variétés figurant déjà dans cette classe) ;
4. Vigueur et productivité de l'arbre ;
5. Sensibilité aux parasites ;
6. Régularité de production (et, pour le cerisier, résistance à l'éclatement du fruit) ;
7. Aptitude à la conservation et au transport.

Pour la classe I :

La cotation obtenue après notation de ces 7 caractères doit atteindre au minimum 45 points (sur 63) ; deux caractères notés chacun inférieurs à 3 interdisant l'accès à cette classe.

Pour l'admission en classe II, les caractères pris en considération demeurent les mêmes que ceux exigés pour la classe I, mais un total de 32 points sur 63 est seulement exigé ; toutefois, une note au moins égale à 8 est obligatoire pour l'un au moins des caractères examinés.

L'expérimentation s'effectue de préférence dans la région préjugée favorable par le demandeur, et dans une ou plusieurs des grandes régions fruitières.

Les variétés inscrites à la rubrique particulière peuvent y être maintenues cinq ans au moins, dix ans au plus. A l'expiration de ce délai, elles sont inscrites dans l'une des deux classes I et II ou éliminées.

Les variétés figurant au Catalogue établi antérieurement au décret du 22 janvier 1960, et qui n'ont pas été reclassées dans le nouveau peuvent néanmoins être commercialisées et cela pendant une période de dix ans, soit jusqu'au 21 janvier 1970, ou, pour certaines, le 1er janvier 1974.

Le classement établi à ce jour pour les principales essences fruitières se présente tel qu'on le trouvera indiqué dans les tableaux ci-après :

ABRICOTIER (FRUITS DE TABLE)

Mise à jour Août 1964.

CLASSE I

Variétés de grand intérêt cultural
devant servir de base à la production fruitière

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Canino (ex-Bulida du Roussillon)		— 10 R. du R.	Variété dont les possibilités d'adaptation sont remarquables.
Rouge du Rousillon		30 juin	Variété-population excellente qualité
Royal		+ 3 R. du R.	Variété-population.
Luizet	Suchet	+ 5 R. du R.	Variété-population.
Ampuis	Amande douce	+ 5 R. du R.	Fruit d'industrie.
Polonais		+ 6 R. du R.	
Bergeron	Gabrielle Bergeron	+ 10 R. du R.	

N. B. — Les essences non mentionnées : Noisetier, Châtaignier, Noyer, ensemble des porte-greffes, feront l'objet de prochaines publications, l'établissement des listes correspondantes étant en cours.

CLASSE II

Variétés d'intérêt plus local
ou présentant des caractéristiques spéciales

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Hâtif Colomer	Précoce Colomer	— 15 R. du R.	Rustique, productif.
Précoce de Boulbon.........	De Boulbon	— 12 R. du R.	
Précoce de Montplaisir			
Docteur Mascle...........		— 8 R. du R.	Productif, qualité gustative médiocre.
Blanc rosé	Poman Rosé	+ 1 R. du R.	Fruit d'industrie.
Pêche de Nancy	Pêche		Variété-population.
Blanchet			
Paviot		+ 8 R. du R.	Particulièrement bien adapté aux régions continentales.
Sucré de Holub			

RUBRIQUE PARTICULIÈRE

Variétés soumises à expérimentation

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Bulida		— 15 du R. R.	Correspond au « Bulida de Murcie ».
Saint-Jean			
Délice de Châtenay			
Alberge précoce de Tours			
Précoce Pélissier			
Guillaume	Maillot Jaune		
Eearly Bee			
Defarge			
Naulier			
Muscat			
Darnaud		+ 10 R. du R.	
Perrin Berquet			
Mektep			
Sam			

AMANDIER

Mise à jour Août 1964.

CLASSE I

Variétés de grand intérêt cultural
devant servir de base à la production fruitière

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Fourcouronne	Dure de Valensole	30 août	Variété à coque dure.
Aï		5 septembre	Variété à coque tendre.
Flour en bas		5 septembre	Variété à coque dure.

CLASSE II

Variétés d'intérêt plus local
ou présentant des caractéristiques spécialcs

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Princesse		5 septembre	Variété à coque tendre.

RUBRIQUE PARTICULIÈRE

Variétés soumises à expérimentation

Par ordre de maturité.

Nom de la variété	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Fournat de Brezenaud		30 août	Variété à coque tendre.
Nec plus ultra		8 septembre	Variété à coque tendre.
Desmayo		25 septembre	Variété à coque dure.
Marcona		30 septembre	Variété à coque dure.

CERISIER (FRUITS DE TABLE)

Mise à jour, Août 1964.

CLASSE I

Variétés de grand intérêt cultural
devant servir de base à la production fruitière

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Guigne hâtive de Bâle	Cerise de Céret Belle de Saint-Denis	15 mai à Bordeaux	
Bigarreau Moreau	B. Sandrin B. Souvenir des Charmes	+ 7 Hâtive de Bâle	
Bigarreau hâtif Burlat	B. Burlat	+ 8 Hâtive de Bâle	
Guigne Early Rivers	G. Précoce de Rivers G. Noire Française Kastenky	= Burlat	Pour régions à forte pluviosité printanière et pour transports rapides.
Bigarreau Reverchon	B. Pélissier B. Bordron B. Cœur de Bœuf	+ 13 Burlat	Parfois peu productif.
Bigarreau Marmotte	B. Cœur de Marmotte Belle de l'Yonne	+ 14 Burlat	
Bigarreau géant d'Hedelfingen	(Hedelfingen Riesenkirsche)	+ 6 Marmotte	

CLASSE II

Variétés d'intérêt plus local
ou présentant des caractéristiques spéciales

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Guigne la plus précoce de la Marche	(Fruheste der Mark) Arlicot	8 mai à Bordeaux	
Guigne hâtive de Berny		= Précoce de la Marche	
Guigne d'Annonay	Guigne de Mai	+ 6 P. de la Marche	
Guigne beauté de l'Ohio	(Ohio's Beauty)	+ 4 Hâtive de Bâle	
Guigne Ramon Oliva		+ 4 Hâtive de Bâle	
Bigarreau Jaboulay	B. d'Oullins B. de Lyon	+ 6 Hâtive de Bâle	
Cerise anglaise hâtive	(May Duke) Royale hâtive	+ 5 Burlat	
Cerise impératrice Eugénie		+ 5 Burlat	
Bigarreau court picou	B. courte queue	+ 10 Burlat	
Bigarreau noir de Moravie		+ 10 Burlat	
Bigarreau cœur de pigeon	B. gros cœuret	+ 11 Burlat	
Bigarreau Espéren	B. des Vignes B. de Mézel B. Rouge de Hollande	+ 11 Burlat	
Cerise royale	Royal Duke Anglaise tardive Cherry Duke	= Marmotte	
Cerise d'Olivet hâtive		+ 2 Marmotte	
Bigarreau Napoléon		+ 3 Marmotte	
Cerise reine Hortense		+ 3 Marmotte	
Bigarreau tigré	Bigarreau Marbré	+ 8 Marmotte	
Cerise belle magnifique	Belle de Spa Belle de Sceaux Belle de Châtenay	+ 15 Marmotte	

RUBRIQUE PARTICULIÈRE

Variétés soumises à expérimentation

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Guigne président Rivière			
Bigarreau rouge de juin			
Bigarreau Stark Hardy giant			
Reine des Conserves	Griotte Jelly	= Belle Magnifique	

PÊCHER (FRUITS DE TABLE)

Mise à jour, août 1964.

CLASSE I

Variétés de grand intérêt cultural devant servir de base à la production fruitière

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Variétés à fruits à chair blanche			
Amsden	Pêche de juin	+ 14 May Flower	le 21 juin à Bordeaux.
Charles Ingouf		+ 23 May Flower	
Charles Roux		+ 17 Charles Ingouf	
Incomparable Guilloux		+ 4 Charles Roux	
Madame Girerd	Gaillard Girerd nº 6	+ 10 Charles Roux	
Variétés à fruits à chair jaune			
Cardinal		— 3 Dixired	
Dixired		+ 20 May Flower	le 27 juin à Bordeaux.
Redhaven		+ 12 Dixired	
Fairhaven		+ 20 Dixired	
Southland		+ 26 Dixired	
Early Elberta		— 7 J. H. Hale	
J. H. Hale		+ 48 Dixired	

CLASSE II

Variétés d'intérêt plus local ou présentant des caractéristiques spéciales

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Variétés à fruits à chair blanche			
May Flower précoce		— 8 May Flower	
sélection *Madeleine Pouyet*			
sélection *Nivolet*			
sélection *Primissima Delbard*			
May Flower		le 7 juin à Bordeaux	
Precocissima Morettini		+ 4 May Flower	
Ribet		+ 10 May Flower	
Surpasse Amsden	Intermédiaire Intermédiaire de Chanas Entre Reine des Marchés	+ 20 May Flower	

CLASSE II *(suite)*

Variétés d'intérêt plus local
ou présentant des caractéristiques spéciales

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Dugelay	Pêche sans nom Pêche volée	+ 23 May Flower	
Nectarine John Rivers		+ 23 May Flower	
Suzanne Darnon	Lacroix nº 6	+ 23 May Flower	
Nectarine précoce de Gien		+ 26 May Flower	
Rouge Jullien	Rouge brun	— 5 Précoce de Hale	
Nectarine Silver Lode		— 1 Précoce de Hale	
Lambertin nº 1		= Précoce de Hale	
Précoce de Hale		+ 11 Dugelay	
Nectarine précoce de Croncels		+ 2 Précoce de Hale	
Carman		+ 4 Précoce de Hale	Très résistante aux gelées.
Benoni		+ 4 Précoce de Hale	
Madame Venet	Gaillard Girerd nº 4	+ 6 Précoce de Hale	
Guilloux élégante		+ 6 Précoce de Hale	
Jeanne Châtain	Xavier Châtain nº 2	+ 8 Précoce de Hale	
Sénateur Cazeneuve		+ 16 Précoce de Hale	
Génard		+ 20 Précoce de Hale	
Grosse Mignonne	Grosse Mignonne ordinaire	+ 20 Précoce de Hale	
Nectarine Gold Mine		+ 23 Précoce de Hale	
Galande	Noire hâtive Belle de Tillemont Noire de Montreuil	— 8 J. H. Hale	
Hélène Turc		— 5 J. H. Hale	
Reine des Vergers	Monstrueuse de Doué	— 4 J. H. Hale	
Belle Impériale		+ 10 J. H. Hale	
Belle de Montélimar		+ 2 Belle Impériale	
Madame Guilloux		+ 6 Belle Impériale	
Sanguine vineuse		+ 12 Belle Impériale	
Tardive Valla	Valla Madame Valla	+ 20 Belle Impériale	
Tos China novembre		+ 26 Tardive Valla	
Variétés à fruits à chair jaune			
Arp Beauty	Arp	+ 3 Dixired	Résistante aux gelées.
Starking Delicious		— 5 Redhaven	
Jerseyland		— 3 Redhaven	
Dixigem		— 3 Redhaven	
Triogem		— 3 Fairhaven	
Halehaven		+ 23 Dixired	
Vedette		= Southland	Résistante aux gelées.
Sunhigh		+ 1 Southland	
Nectarine Flaming Gold	Burkank nº 23	+ 19 Précoce de Hale	
Nectarine Cavalier		— 7 J. H. Hale	
Admirable jaune		+ 9 J. H. Hale	
Roger Louis		+ 12 J. H. Hale	
Jaune d'Oloron		+ 19 J. H. Hale	
Salway		+ 31 J. H. Hale	

RUBRIQUE PERTICULIÈRE

Variétés soumises à expérimentation

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Variétés à fruits à chair blanche			
Springtime		— 3 May Flower	
Robin		— 2 Amsden	
Duke of York		+ 1 Charles Ingouf	
Véloutée de Champagne		— 5 Précoce de Hale	
Redwing		= Précoce de Hale	
Précoce Michelin		= Précoce de Hale	
Grosse mignonne hâtive	Mignonne hâtive Mignonne pourprée	+ 10 Précoce de Hale	
Tournier		+ 12 Précoce de Hale	
Louis Grognet		+ 14 Précoce de Hale	
Arnaud n° 3		— 12 J. H. Hale	
Belle de Vitry		— 7 J. H. Hale	
Amedith		= J. H. Hale	
Honey Dew Hale		+ 1 J. H. Hale	
Belle Beausse	Grosse mignonne tardive		
Henri Moulin		+ 8 J. H. Hale	
Alexis Lepère		+ 2 Belle Impériale	
Téton de Vénus		+ 2 Belle Impériale	
Bonouvrier		+ 3 Belle Impériale	
Variétés à fruits à chair jaune			
Earligold		— 18 Dixired	
Hiland		— 5 Dixired	
Redcap		— 1 Dixired	
Sunhaven		+ 4 Dixired	
Earliglo		— 8 Redhaven	
Coronet		— 4 Redhaven	
Merveille Garet		= Fairhaven	
Redglobe		= Southland	
Goldeneast		+ 3 Southland	
Nect. Nectarose		— 15 J. H. Hale	
Loring		— 14 J. H. Hale	
Blake		— 7 J. H. Hale	
Fay Elberta		— 5 J. H. Hale	
Redskin		— 3 J. H. Hale	
Raymond Gaujard		= J. H. Hale	
Nect. Fuzzless Berta		+ 2 J. H. Hale	
Hal Berta Giant		+ 4 J. H. Hale	
Rubidoux		+ 15 J. H. Hale	
Variétés à fruits à chair jaune (fruits d'industrie)			
Pavie Vesuvio	Puteolana	— 29 J. H. Hale	
Pavie Shasta		— 17 J. H. Hale	
Pavie Fortuna		— 17 J. H. Hale	
Pavie Vivian		— 12 J. H. Hale	
Pavie Jeronimo		— 10 J. H. Hale	(adaptée au Roussillon)
Pavie Cortez		— 3 J. H. Hale	
Pavie Sudanell		+ 2 J. H. Hale	
Pavie Golden-Queen		+ 22 J. H. Hale	

PRUNIER (FRUITS DE TABLE)

Mise à jour, août 1964.

CLASSE I

Variétés de grand intérêt cultural devant servir de base à la production fruitière

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Pruniers domestiques			
Reine-Claude d'Athan.....	R.-C. Comte d'Althan	28 juillet	
Reine-Claude (verte ou dorée)		+ 3 + 10 R.-C. d'Althan	Variété-population Fruits de bouche et d'industrie
Reine-Claude violette		+ 12 R.-C. d'Althan	
Reine-Claude tardive de Chambourcy	R.-C. Latinois	+ 24 R. C. d'Althan	
Reine-Claude de Bavay		30 août	
Pruniers japonais			
Methley		28 juin	
Golden Japan	Early Gold	11 juillet	

CLASSE II

Variétés d'intérêt plus local ou présentant des caractéristiques spéciales

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Pruniers domestiques			
Verdanne		— 16 R.-C. d'Oullins	
Bonne de Bry		— 14 R.-C. d'Oullins	
Madame Guttin		— 12 R.-C. d'Oullins	
Quetsche précoce d'Ersinger	Ahlbacher Frühzwetsche	— 11 R.-C. d'Oullins	
Pêche		— 7 R.-C. d'Oullins	Variété-population peu productive.
Royale de Tours		— 5 R.-C. d'Oullins	
Monsieur Violet		— 5 R.-C. d'Oullins	
Reine-Claude d'Oullins	Massot	20 juillet	Supporte mal le transport.
Utility	Laxton's Utility	= R.-C. d'Oullins	
Des Béjonnières		+ 6 R.-C. d'Oullins	
Reine-Claude diaphane hâtive	Early Transparent Gage	+ 7 R.-C. d'Oullins	Supporte mal le transport.
Bleue de Belgique		+ 10 R.-C. d'Oullins	
Mirabelle de Metz.........	Mirabelle petite	+ 15 R.-C. d'Oullins	Variété-population Fruits d'industrie
Mirabelle de Nancy	Mirabelle grosse	= Mirabelle de Metz	Variété-population Fruits d'industrie
Victoria	Reine Victoria Queen Victoria	— 8 Prune d'Ente	

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Giant		— 8 Prune d'Ente	
Jefferson		— 5 Prune d'Ente	
Grand Prize	Grand Prix	— 5 Prune d'Ente	
Pond's Seedling		— 3 Prune d'Ente	Très gros fruit, supporte mal le transport, de qualité médiocre.
D'Ente	d'Agen	15 août	Variété-population Fruits convenant particulièrement bien pour le séchage.
Stanley		= Prune d'Ente	—
Mirabelle parfumée de septembre		+ 5 Prune d'Ente	
Quetsche d'Italie	Fellenberg	+ 5 Prune d'Ente	
Quetsche d'Alsace	Q. de Lorraine Q. commune d'Allemagne	+ 8 Prune d'Ente	
Coe's Golden Drop	Goutte d'or de Coe	+ 11 Prune d'Ente	
Anna Späth		+ 12 Prune d'Ente	
Saint-Michel..............		4 septembre	
Pruniers japonais			
Beauty		= Methley	
June Blood		= Methley	
Santa Rosa...............		— 1 Golden Japan	
Burbank		+ 1 Golden Japan	Semble alterner
Great Yellow		+ 1 Golden Japan	
Kelsey		+ 7 Golden Japan	
Éléphant Heart		22 juillet	

RUBRIQUE PARTICULIÈRE

Variétés soumises à expérimentation

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Pruniers domestiques			
Monsieur Hâtif		8 juillet	A déterminer
Opal.................		15 juillet	Pour observations complémentaires
Quetsche précoce de Bühl ..		20 juillet	
Reine-Claude hâtive		20 juillet	A déterminer
Experimental fältets Sviskon		20 juillet	Pour observations complémentaires
Hackmann		10 août	—
Pruniers japonais			
Brémond nº 1		10 juin	Pour observations complémentaires
First		28 juin	—
Allo..................		30 juin	—
Florenzia..............		10 juillet	—
Orange Plumcot		13 juillet	—
Flaming Delicious.........		22 juillet	—
Red Ace		8 août	—

POIRIER (FRUITS DE TABLE)

Mise à jour, août 1964.

CLASSE I

Variétés de grand intérêt cultural devant servir de base à la production fruitière

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Williams	Bon Chrétien Williams William's Bon Chrétien Bartlett	Demi-précoce	
Beurré Hardy		Maturité normale	
Louise Bonne d'Avranches	Bonne Louise Louise Bonne Bonne Louise d'Avranches	Maturité normale	
Doyenné du Comice		Demi-tardive	
Épine du Mas	Duc de Bordeaux Colmar du Lot	Demi-tardive	
Passe-Crassane		Tardive	Qualité variable suivant le milieu

CLASSE II

Variétés d'intérêt plus local ou présentant des caractéristiques spéciales

Par groupe de maturité.

Les variétés précédées du signe * présentent un intérêt cultural et commercial
Les autres peuvent être uniquement prévues pour la culture d'amateur

Nom des variétés	Synonymes	Observations
Variétés très précoces (par ordre alphabétique).		
André Desportes		
Beurré Giffard		
Citron des Carmes		
Colorée de juillet		
Doyenné de juillet		
Wilder		
Variétés précoces (par ordre alphabétique)		
* *Dr Jules Guyot*	Guyot	
* *Précoce de Trévoux*		
Clapp's Favourite		
Coscia		
Santa Maria		Ne convient pas aux régions du Nord

Nom des variétés	Synonymes	Observations
Variétés demi-précoces (par ordre alphabétique)		
Beurré d'Amanlis..............		
Triomphe de Vienne..............		
Variétés de maturité normale (par ordre alphabétique)		
* *Alexandrine Douillard*..........		
* *Conférence*..................		
* *Duchesse d'Angoulème*..........		
* *Packham's Triumph*............		Ne convient pas aux régions du Nord.
Abbé Fétel..................		
Beurré Alexandre Lucas..........		
Beurré Clairgeau..............		
Beurré Diel..................	Beurré Royal Beurré magnifique	Culture limitée à la région Sud-Ouest
Beurré Le Brun..............	Le Brun	
Beurré superfin		
Bonne de Beugny..............		
Charles Ernest..............		
De Tongre..................	Beurré Durondeau Durondeau	Culture limitée aux régions du Nord
Directeur Hardy..............		
Duchesse Bererd..............		
Enfant Nantais..............	Beurré des Enfants Nantais	
Legipont..................	Fondante de Charneu	Culture limitée aux régions du Nord
Marguerite Marillat............		
Pierre Corneille..............		
Soldat Laboureur..............	Beurré de Blumenbach	
Sucrée de Montluçon............	Sucrée Verte Gros Sucré Vert de Montluçon	
Triomphe de Jodoigne............		
Williams Duchesse............		
Variétés demi-tardives (par ordre alphabétique)		
* *Beurré Bosc*..............	Beurré d'Apremont Kaiser	A cultiver sur franc
Beurré d'Hardenpont............	Beurré d'Arenberg	
Bonne de Malines..............	Nelis d'hiver	
Comtesse de Paris..............		
Curé..................	Belle de Berry Bon papa	
Jeanne d'Arc..............		
Le Lectier..............		
Président Drouard..............		
Royale d'Hiver..............	Spina di Carpi	
Variétés tardives (par ordre alphabétique		
* *Madame Ballet*..............		
Bergamote Esperen..............		
Doyenné d'Alençon..............		
Doyenné Georges Boucher........	Notaire Lepin	
Doyenné d'Hiver..............	Bergamote de Pentecôte	
Joséphine de Malines............		
Olivier de Serres..............		
Souvenir de Jules Guindon.....		

RUBRIQUE PARTICULIÈRE

Variétés soumises à expérimentation

Par groupe de maturité.

Variétés très précoces (par ordre alphabétique).

Akça,
Mustabey,
Primure.

Variétés précoces (par ordre alphabétique).

Beurré précoce Morettini,
Laxton's Superb,
William's précoce Morettini.

Variétés demi-précoces (par ordre alphabétique).

Colette,
Laxton's Progress,
Laxton's Satisfaction,
Max Red Bartlett,
Webster.

Variétés de maturité normale (par ordre alphabétique).

Bristol Cross (sous réserve de sélection sanitaire).
Dorée de Bourgogne,
Eva Baltet,
Fertility 4 X,
Grand Champion,
Starking Delicious,
Sucrée d'Aix.

Variétés demi-tardives.

Beurré d'Anjou.

Variétés tardives.

Doyenné Georges Truffaut.

POMMIER (FRUITS DE TABLE)

Mise à jour, août 1964

CLASSE I

Variétés de grand intérêt cultural
devant servir de base à la production fruitière

Par ordre de maturité.

Nom des variétés	Synonymes	Époque de maturité	Observations
Reine des Reinettes		Demi-précoce	
Cox's Orange Pippin		Maturité normale	Variété convenant aux climats des régions Nord et Nord-Ouest
Belle de Boskoop		Maturité normale	Variété convenant à la moitié de la région Nord
Jonathan		Maturité normale	
Reinette blanche du Canada	Canada blanc	Maturité normale	
Reinette grise du Canada			
Ausseur	Reinette grise du Grand Faye	Maturité normale	
Richared Delicious		Maturité normale	Coloration du fruit difficile dans certains milieux
Reinette Clochard	Reinette de Parthenay	Maturité normale	Aire de culture limitée
Golden Delicious		Demi-tardive	
Reinette du Mans	De Jaune	Tardive	Aire de culture limitée

CLASSE II

Variétés d'intérêt plus local
ou présentant des caractéristiques spéciales

Par groupe de maturité.

Les variétés précédées du signe * présentent un intérêt cultural et commercial.
Les autres peuvent être uniquement prévues pour la culture d'amateur.

Variétés très précoces (par ordre alphabétique)

Nom de la variété	Synonymes
Astracan rouge	
Lodi	
Stark Earliest	
Transparente blanche	Yellow Transparent. Papirovka.

Variétés précoces (par ordre alphabétique)

Nom de la variété	Synonymes
Borowitsky	Borovinka. Charlamowky. Duchess of Oldenburg. Oldenburg.
Calville d'août	
Early Mc Intosh	
* *Gravenstein*	
James Grieve	
Red Melba	

Variétés demi-précoces (par ordre alphabétique)

Nom de la variété	Synonymes
Belle de Pontoise	
Ellison's Orange	
Grand Alexandre	
Peasgood Non Such	Sans pareille de Peasgood.
Reinette de Landsberg	
* *Transparente de Croncels*	
Wealthy	

Variétés de maturité normale (par ordre alphabétique)

Nom de la variété	Synonymes
Belle fleur jaune	Linneous Pippin.
Bismarck	
* *Blackjon*	
Black Mc Intosh	
Calville du Roi	Citron d'hiver. Calville de Londres.
Calville rouge d'Oullins	
Croquet	Réau. Réaux. de Flandre.
De Bonde	
Double bon pommier	
Grand-mère	Reinette Grand-Mère
Grimes Golden	
Ingrid Marie	(cultivée au Danemark).
* *Jonared*	
King David	
Laxton's Superb	
Mc Intosh	
Orléans	
Pouzac	

Reinette Baumann	
Reinette d'Angleterre	
Reinette de Caux	
Reinette de France	
Reinette dorée	Reinette dorée de Versailles.
Royale d'Angleterre	
Shotwell Delicious	
* *Starking Delicious*	
Stark Redgold	
Winter Banana	

Variétés demi-tardives (par ordre alphabétique)

Benedictin	
Boïken	
* *Calville blanc*	
Calville rouge d'hiver	
Chailleux	
* *Cortland*	
Croque	
Double rose	
Faros	
Fenouillet gris	Fenouillet anisé.
Ontario	
Rambour d'hiver	
Reinette grise de Saintonge	
Red Rome Beauty	
* *Stayman Winesap*	
Staymared	
Winston	

Variétés tardives (par ordre alphabétique)

Api	Passerose.
Cassou	
Châtaignier	
Court-pendu gris	
Court-pendu rouge	
Cravert	
Cusset	
* *De l'Estre*	Comte.
	Lombard.
	Reinette de Brive.
	Sainte-Germaine.
La Nationale	Cusset rouge.
* *Melrose*	
Pépin de Bourgueil	
Pomme Cloche	Glocknapfel (cultivée en Suisse).
* *Reinette d'Armorique*	
Reinette de Champagne	
Rose de Benauge	Pomme Dieu.
* *Winesap*	

RUBRIQUE PARTICULIÈRE

Variétés soumises à expérimentation

Variétés précoces

Beacon	
Cardinal	
Cox's Eearly Export	
Earliblaze	
George Cave	
Grive rouge ou Griève rouge	Eric Neumann Roter James Grieve.
	Mutation rouge de James Grieve.

Lired	Mutation rouge de James Grieve.
Rubin	Herr's Roter James Grieve.
	Mutation rouge de James Grieve.
Oriole	
Owen Thomas	
Red Gravenstein	
Stark Jongrimes	
Tydeman's Early Worcester	
Wellington	
Wilson Red June	San Jacinto. . .
Kansas Queen	Pour comparaison avec Wilson Red June.
Nouvelle Europe	Pour comparaison avec Wilson Red June.

Variétés demi-précoces

Reine des Reinettes rouge	Mutation.
Calville de Mleïev	
Directeur Lesage	
Lakeland	
Merton Worcester	
Shinko	
Shinsei	

Variétés de maturité normale

Boskoop rouge	
Cox's Orange Kortergaard	Mutation rouge de Cox's Orange Pippin.
Crimson Cox	Mutation rouge de Cox's Orange Pippin.
Golden Russet	Pour comparaison avec Reinette grise du Canada.
Harold Red Delicious	Mutation rouge de Starking Delicious
Red King Delicious	— — —
Topred Delicious	— — —
Vance Delicious	— — —
Royal Red Delicious	— — —
Redspur Delicious	Mutation rouge du type « spur »
Starkrimson	— — —
Wellspur Delicious	— — —
Belle de Mleïev	
Democrat	
Delcon	
Freyberg	
Fukutami	
Jonadel	
Kidd's Orange Red	
Merton Prolific	
Murasaki	
Shelred	
Spartan	
Sunset	
Shin Indo	

Variétés demi-tardives

Golden Auvil Spur = Stark Goldenspur	
Idared	
Jubilee	
Kinrei	
Korei	
Law Red Rome Beauty	
Mutsu	
Reinette d'Amboulne	
Ruby	
Scarlet Staymared	
Black Stayman	Blaxstayman.
Willie Sharp	
Turley Winesap	

FRAISIER

Mise à jour, 17 juin 1964.

CLASSE I

Variétés non remontantes

Cambridge favourite
Madame Moutot
Surprise des Halles
Talisman

Variétés remontantes

Sans Rivale

CLASSE II

Variétés non remontantes

Fertilité
Général de Gaulle
Hercule
Huxley = Nouveau Morere
Ladette
Louis Gauthier
Major
Pocahontas
Reine des Précoces
Royale de Carpentras
Sannier
Souvenir de Charles Machiroux
Supermonstrueuse Hâtive
Surprise du Vaucluse
Tardive de Léopold
Triomphe de Tihange
Vicomtesse Hericart de Thury
Ydun

Variétés remontantes

Appelever
Géant Framboise
Libération d'Orléans
Profusion
Record
Saint-Claude
Sanvir
Truffaut Prodige

RUBRIQUE PARTICULIÈRE N° 1

Variétés non remontantes

Belle et Bonne
Calebasse
Cambridge Early Pine
Cambridge Prizewinner
Cambridge Rearguard
Cambridge Vigour
Géante de Message
Glasa
Louis Vilmorin
Marie-France
Marieva

Merton Princess
Mirifica
Ottawa 484 = Guardsman
Redgauntlet
Regina
Robinson
Senga Gigana
Senga Precosa
Senga Sengana
Succès

Variétés remontantes

Abondance
Bella
Chantal
Gabriel d'Arbonville
Inépuisable
Humi-Trisca
Lunik
Mabel
Macherauch Dauerernte
Madame Chaverot
Mount Everest
Perle Rose
Reine des Neiges
Remontante de Macherauch = Macherauch Dauerernte
Revada
Sainte-Fiacre
Saint-Jean
Sans Pareille
Super Simmen

CATALOGUE DES VARIÉTÉS DEMEURANT INSCRITES A LA RUBRIQUE SPÉCIALE JUSQU'AU 21 JANVIER 1970

et dont la commercialisation est autorisée jusqu'à cette date

PÊCHER

a) *Variétés à fruits à chair blanche* (par ordre alphabétique)

Alexander
Aribaud
Aubin n° 75
Baltet
Belle d'Albi
Belle de Georgie
Belle Henri Pinault
Blondeau
* *Bonfils*
Briggs Red May
Champion
Chevreuse hâtive
Cumberland
Demeure
Directeur
Early Rivers
Early White Giant
Fine Jaboulay
Flachat
France (La)
Gloire lyonnaise
Hâtive de Flachat
Henri Adenot
Inspecteur Battanchon
Lambertin n° 2
Léopold I^{er}
Madame Bernol
Madame Grand Clément
Madame Lallot
Madeleine à moyennes fleurs
Martin Rosset
Nectarine Cardinal
Nectarine de Zelhem
— *Early Rivers*
* — *Fertile du Poitou*
— *Galopin*
— *Lord Napier*
— *Victoria*
Opoix
Pavie Cardinal
Président Luizet
Rustica
Tardive Aubin
Tardive Blanc
Tardive du Mont d'Or
Véraud
Victor
Vilmorin

b) *Variétés à fruits à chair jaunc*

Abricotée de Gien
Angevine de Buzet
Angevine de Marmande
Brune d'Août
Elberta
Gialla di Firenze
Golden Early Bird
Golden Jubilee
July Elberta
July Gold
Jun Berta
Krummel Oktober.
Late Elberta.
Madame Bey.
Michigold.
Nectarine jaune.
Nectarine jaune magnifique de Padoue
* *Pavie Golden Elberta*
Pavie Saint-Jacques jaune.
Roussanne de Monein.
South Haven.
Vedette abricotée.

* Variétés dont la commercialisation est autorisée jusqu'au 1er janvier 1974.

CERISIER

Bigarreau blanc de Bordeaux
Bigareau Emery
Bigarreau empereur François
Bigarreau Gustave Dupau
Bigarreau d'Or
Bigarreau reine Hortense

Variétés d'industrie proposées pour figurer sur une liste particulière et qui feront l'objet d'un examen ultérieur

Guigne noire de Montreux
Guigne noire des Vosges
Guigne rouge des Vosges
Bigarreau Napoléon
Cerise anglaise hâtive
Cerise acide de Montmorency
Cerise acide de Montmorency de Sauvigny
Griotte commune
Griotte du Nord
Griotte d'Ostheim
Griotte de Provence

ABRICOTIER

Précoce Esperen
Liabaud
Nicole (de)
Poizat
Commun

PRUNIER

a) *Pruniers domestiques : (par ordre de maturité)*

Ruth Gerstetter
De Catalogne
Cirette
Early Laxton
Quetsche précoce de Lutzelsacher
Damas de Tours
Royale bleue P.L.M.
Reine-Claude précoce Léon Hisse
Flotow (de)
Reine-Claude Davion
Czar
Belle de Louvain
Gloire d'Épinay
Madeleine Nomblot
De Montfort
Quetsche précoce de Zimmer
Monsieur jaune
Reine-Claude diaphane
Angelina Burdett
Reine-Claude d'Écully
Reine-Claude l'Échoisier
Abricotée jaune
Kirke's
Perdrigon
Marande
Drap d'Or d'Esperen
Damas blanc
Noberte
Prince Englebert
Double robe
Monarch
Marcelle Chasset
Quetsche blanche de Letricourt
Abbaye d'Arton
Reine-Claude Gabriel Combes
Impériale épineuse
Sainte-Catherine
Burton
Mirabelle tardive

b) *Pruniers japonais*

Wickson

POMMIER

Astracan blanc
* *Azerolie*
Blenheim orange
Calville de Dantzig
Calville rouge d'été
Calville Saint-Sauveur
Colapuy
Cramoisie de Gascogne
Crimson Beauty (syn. Early Red Bird)
Coutras
Groseille
Jacques Lebel
Jeanne Hardy
Lancashire.
Rambour d'été (syn. Summer Rambo).
Reinette Ananas.
Reinette de Cuzy.
Reinette étoilée.
Reinette grise du Canada (var. population).
Reinette marbrée.
Reinette Parmentier.
Ribston red.
Rome Beauty.
York Imperial.
Yorking.

POIRIER

Par groupe de maturité.

Variétés très précoces :

Claude Blanchet
Épargne
Coscia précoce

Variétés précoces :

Fils de Giffard
Philippe Chauveau
Madeleine Verte
* *Monchallard*
Suprême de Quimper

Variétés demi-précoces :

Henri Desportes
Sandar
Souvenir du Congrès

Variétés de maturité normale :

Beurré Bachelier
Beurré Baltet Père
Beurré Capiaumont (indust. : confis.)
Beurré Chaudy
Beurré doré
Beurré Dumont
Beurré gris d'Amboise
Calebasse
Conseiller à la cour
Docteur Desportes
Duchesse d'Angoulême Bronzée
Ferdinand Gaillard
Fertility.
Fondante Thirriot.
Fondante des Bois.
François Treyve.
Idaho.
La Belgique.
Madame Favre.
Nouveau Poiteau.
* *Saint Michel Archange.*
Seigneur Esperen.
Souvenir de Leroux Durand.
Worden Seckle.

Variétés demi-tardives :

Antoine Delfosse.
Belle Poitevine.
Beurré Dubuisson.
Beurré gris d'hiver.
Beurré Six.
Columbia.
Fortunée Boisselot.
Général Galtieni.
Jules d'Airoles.
Madame du Puis.
Madame Verte.
Marie Benoist.
Merveille Ribet.
Passe Colmar.
Président Deviolaine.
Président Mas.
Professeur Bazin.
Santa Claus.
Tardive de Trévoux.
Virginie Baltet.

* Variétés dont la commercialisation est autorisée jusqu'au 1[er] janvier 1974.

Variétés tardives

Alexandre III
Beurré d'avril
Beurré de Naghin
Fortunée
Président Loubet
Rémy Châtenay
Royale Vendée
Saint Germain Vauquelin
Triomphe de Tournai

Variétés sans renseignements

Antoine Bouvant
Bergamote Renée
Duchesse de Poitiers
Henri Ferrand
Marquise de Quifistre
Président Barry
Président Kneider
Souvenir de Madelin
Triomphe de Rouchin
Triomphe de Trélazé

FRAISIER

Variétés non remontantes

Anchincruive Climax
Belle Bourguignonne
Catskill
Délicieuse
Docteur Moreré
Early Cambridge
Empereur Nicolas
Fréja
Général Leclerc
Hâtive de Caen
Indra
La Messagère
Madame Lefebvre
Madame J. Leroy Ladurie
Ma Préférée
Muscade
Oberschlesien
Ottawa 487 = Redcoat
Perle de Prague
Précoce Musquée
Régal
Reine Louise
Royal Sovereign
Sénateur Boissel
Souvenir de Nungesser
Sparkle
Temple
Ville de Caen
Ville de Paris
Voltaire
Wadenswill 1
Wadenswill 3
Wadenswill 4

Variétés remontantes

Belle de Charbuy
Duc de Normandie
Géant Charles Simmen
Madame Raymond Poincaré
Madame Théophile Message
Marquita
Roger Message
Suavis
Superrésistance
Superproduction
Triomphe

Les demandes d'inscription de nouvelles variétés au Catalogue doivent être adressées à Monsieur le Président du Comité technique permanent de la Sélection (C. T. P. S.), C. N. R. A., route de Saint-Cyr, Versailles (S.-et-O.).

Ann. Amélior. Plantes, 1964, **14** (4), 449-451.

CHRONIQUE DES LIVRES

TURRILL (W. B.), ed. — VISTAS IN BOTANI. vol. II : Applied Botany. Oxford, London Pergamon Press, 1963, 380 p.

W. B. TUKRILL, éminent botaniste des célèbres *Royal Botanic Gradens* de Kew, avait entrepris peu avant sa mort (1962) l'édition des *Perspectives Botaniques* dont voici le second volume. Il est consacré aux utilisations pratiques des végétaux. Les liaisons entre ces utilisations et la théorie sont développées par plusieurs collaborateurs.

G. H. M. LAWRENCE rappelle les notions de *cultigène* et de *cultivar*, les nécessités et les difficultés de la taxonomie des végétaux cultivés (p. 199-214).

G. HASKELL évoque les théories récentes sur l'origine des plantes horticoles, en mettant à contribution les analyses permises par les mutations, la cytologie, la polyploïdie, les idéogrammes (p. 139-167). W. B. TURRILL met ses vastes connaissances au service de l'Écologie dont il montre la portée dans un monde d'activités « végétales » allant de l'agriculture à la défense militaire en passant par larécupération des terres stérilisées (mine, carrière) la population atmosphérique, le tout-à-l'égout, la lutte biologique, etc.

D'autres auteurs, tout en traitant de larges sujets, apportent des éléments plus directs au bilan des applications botaniques. R. W. G. DENNIS, s'appuyant fréquemment sur les maladies des solanées cultivées, résume les caractéristiques et les possibilités des disciplines phytosanitaires (p. 300-324). Ces vues sont complétées par R. W. MARSH qui détaille, pour les cultures fruitières, les traitements, techniques culturales, méthodes de sélection opposées aux maladies « entomologiques », cryptogamiques, bactériennes, virales et « phygiologiques » (p. 182-192).

F. N. HOWES fait l'inventaire de l'immense domaine des productions économiques d'origine végétale. Négligent volontairement les plantes vivrières et textiles d'usage plus ancien, il parvient, à donner un aperçu des problèmes culturaux et technologiques et des apport à la biologie générale, de nombreuses plantes plus ou moins nouvelles dans le commerce mondial (plantes à tannin, huile gomme, résine, cire, fruits tropicaux, plantes médicinales, etc.) (p. 215-249). L. NEWTON effectue une revue tout aussi étendue des utilisations et des questions biologiques intéressant la flore marine, phytoplancton et algues (p. 325-356).

Les articles de F. W. JANE et L. C. LUCKWILL concernent des sujets moins généraux. Le premier, envisageant les aspects botaniques dans l'utilisation du bois, expose remarquablement l'histoire et les techniques récentes de l'analyse morphologique en silviculture ; à travers l'étude des sources de variabilité du bois il présente les travaux d'analyse physiologique qui rendront mieux compte des structures et des aptitudes des bois (p. 1-35) . L. C. LUCKWILL précise les problèmes et les pratiques de l'arboriculture fruitière anglaise. Un texte clair résume ce qui est connu de la physiologie de la maturation (p. 168-181).

On soulignera plus particulièrement les coutributions de H. K. BAKER et G. D. H. BELL. L'historique des travaux anglais dont on sait le rôle initiateur, en culture fourragère, est présenté par H. K. BAKER qui décrit ensuite les progrès récents dans la physiologie, l'écologie et l'exploitation des prairies permanentes et temporaires. Il insiste enfin sur l'imbrication des problèmes du sol (système de rotation), de l'herbe (productivité, résistance aux parasites), et de l'animal (taux de croissance et de reproduction) dans la comparaison des systèmes de pâturage au niveau de la production animale (p. 36-61).

L'amélioration des Céréales, présentée par G. D. H. BELL, est le texte le plus étoffé (p. 62-138). Un important historique, enrichi d'une réflexion sur les principes de cette discipline, précède des développements denses et clairs sur les techniques actuelles d'hybridation et de sélection, sur les perspectives ouvertes par la cytogénétique et la mutation. Enfin les travaux réalisés en Grande-Bretagne pour l'amélioration variétale du Blé, de l'Orge, et de l'Avoine sont quelque peu détaillés

L'intérêt de cet ouvrage est encore accru par les bibliographies annexées à chaque contribution. Certes, sa dimension et l'ampleur des domaines concernés ont inévitablement conduit à certains partis pris d'exposition. L'information est principalement de source britannique mais elle demeure considérable, ne serait-ce que par ses références à la multiplicité des productions végétales de l'ensemble du Commonwealth. Il se termine par un index qui en facilite l'utilisation.

L. D.

TURRILL (W. B.), ed. — VISTAS IN BOTANY, vol. IV. Recent researches in plant Taxonomy. Oxford, London, Pergamon Press, 1964, 314 p.

Cet ouvrage n'est pas un traité présentant les derniers résultats de la taxonomie; c'est au taxonomiste lui-même qu'il s'adresse ; à l'origine, le travail de celui-ci visait essentiellement au classement des organismes, afin de créer un langage commun utilisable par les autres branches de la botanique. Son critère essentiel était la ressemblance, basée sur l'étude de la morphologie. Le tout s'insérait parfaitement dans la perspective fixiste. Avec la conception évolutionniste, la taxonomie devient la science de la parenté. Cette transformation doit être lente : si, dans la plupart des disciplines, une hypothèse peut être abandonnée dès qu'une autre semble mieux adaptée, ici, tout changement doit être établi sur une certitude, car des modifications fréquentes d'une classification quelconque provoquent une extrême confusion chez les usagers.

Dans cette nouvelle optique, le taxonomiste doit, pour rechercher des critères objectifs, faire appel à de nombreuses disciplines. L'ouvrage analysé ici se propose de lui montrer comment celles-ci peuvent l'aider. On pourrait les classer en deux catégories : celles susceptibles de fournir des critères de classification, et celles qui peuvent simplement, mais efficacement, faciliter et orienter les recherches en taxonomie.

Parmi les premières, l'ouvrage traite de palynologie, d'embryologie (au sens large : de la formation des gamètes à la maturation de l'embryon), de paléontologie, et surtout, bien sûr, de cytogénétique.

Les secondes sont représentées par un article sur la phytogéographie et l'écologie végétale. Un article sur les flores, et, dans un autre, un chapitre sur les herbariums, présentent les qualités attendues de ces instruments de travail, dans l'optique évolutionniste.

Mentionnons enfin un article de tête sur « La philosophie et la classification ».

L'ouvrage n'est pas complet : les apports de la chimie, de certaines branches de l'histologie (étude des épidermes, etc.) n'y sont pas traités. Mais il est fait de façon très efficace ; sauf pour l'article sur la paléontologie, le taxonomiste y recherchera, non pas une vue d'ensemble des résultats obtenus, mais une illustration, par des exemples nombreux et variés, de l'utilité que présentent pour lui les autres disciplines. Il lui restera à se familiariser lui-même avec celles-ci : seul, l'article sur la phytogéographie et l'écologie l'y aidera, à cause de la manière particulière dont il utilisera ces sciences.

Tous les articles sont rédigés en anglais sauf celui consacré à la cytogénétique, plus important et particulièrement intéressant.

M. G.

BARNARD (C.). — GRASSES AND GRASSLANDS (Graminées et Prairies). Macmillan and Co Ltd, Londres, 1964, 269 p.

Cet ouvrage collectif a été réalisé par une quinzaine de collaborateurs et comporte 14 chapitres traitant des sujets suivants :

1º *aperçu historique sur les graminées, les herbivores et l'homme* (BARNARD C. et FRANKEL O. H.) : considérations générales à partir de données paléontologiques ;

2º *systématique des graminées* (BURBIDGE N. T.) : synthèse des différents systèmes proposés depuis LINNÉ, et dont la conclusion est que l'état présent de la classification des Graminées est loin d'être satisfaisant ;

3º *répartition des graminées* (HARTLEY W.) : à l'échelle mondiale et régionale pour l'ensemble de la famille, cas particuliers des différents taxa ;

4º *morphologie et anatomie* (BARNARD C.) : c'est un des sujets les plus développés dans le détail puisqu'on y trouve des renseignements sur : le port, l'embryon, le développement et les différents organes adultes (dont l'histologie et l'ontogenèse sont résumées) ;

5º *germination* (BALLARD L. A. T.) : description et dynamique, caractéristiques du phénomène propre aux graminées, levée de dormance ;

6º *description quantitative de la croissance* (WILLIAMS R. F.) : sous une forme très condensée cet intéressant chapitre présente les trois types principaux de courbes utilisables (logistique, polynomiale du 3e degré, logarithmique) ;

7º *croissance en milieu contrôlé* (EVANS L. T., WARDLAM I. F. et WILLIAMS C. N.) ; elle est présentée dans le détail (aussi bien pour les peuplements denses que pour les plantes isolées) avec quelques indications sur les corrélations de croissance ;

8º *reproduction* (EVANS L. T.) : chapitre très documenté, couvrant tous les aspects de la fonction : induction, vernalisation (longueur du jour et température), développement de l'inflorescence, anthèse, systèmes de croisements, cléistogamie, relations avec la croissance et la pérennité ;

9° *cytogénétique* (Mc William J. R.) : hybridation interspécifique, polyploïdie et apoximie (différents types et utilisation) ;

10° *méthode d'amélioration et de sélection des espèces fourragères à fécondation croisée* (Latter B. D. H.) : surtout centrée sur les caractères quantitatifs ;

11° *répartition des prairies* (Moore C. W. E.) : influence du climat, du sol, de la topographie, des facteurs biotiques du feu ; chapitre terminé par quelques considérations sur la nature climatique de ce type de végétation ;

12° *nutrition des prairies* (Loneragan J. F.) : sujet traité dans un esprit typique des spécialistes fourragers britanniques, puisque consacré entièrement à la nutrition des légumineuses, à leur croissance et à leurs rapports avec les graminées, l'utilisation de l'azote étant confinée dans le dernier quart de page d'un chapitre qui en comporte douze!

13° *effets du pâturage sur les prairies* (Moore R. M. et Biddiscombe E. F.) : défoliation, modification du micromileu, évolution de la végétation ;

14° *graminées et prairies en liaison avec la conservation du sol* (Costin A. B.) : il s'agit évidemment d'un problème très important pour l'Australie, et abordé de façon approfondie, dont l'une des solutions, logique bien que paradoxale, est l'utilisation de graminées fourragères pas trop appétibles ;

Il s'agit, en définitive, d'un ouvrage de base pour les chercheurs spécialisés dans la production fourragère, mais où le physiologiste végétal trouvera également un grand nombre de références sur la croissance des graminées.

P. J.

Cunningham Laboratory, C.S.I.R.O., Brisbane, Australia. SOME CONCEPTS AND METHODS IN SUB-TROPICAL PASTURE RESEARCH. (Quelques concepts et méthodes de la recherche pastorale en milieu sub-tropical), Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Bull. 47, 1964, 242 p.

Cet ouvrage collectif (les noms des principaux auteurs sont indiqués) comporte 7 parties :

I. — Définition de la *nature des problèmes* à résoudre avec, d'une part, la détermination des objectifs généraux du travail et, d'autre part, une présentation des particnlarités régionales d'application (Griffiths davies J., Shaw N. H.).

II. — *Définition du milieu* naturel, à tendance sub-tropicale, de l'Est de l'Australie (climat, géologie, sols, végétation) ; c'est dire qu'une grande part est faite à l'écologie végétale (notamment à la caractérisation d'éco-systèmes et à l'analyse de leurs composantes, parmi lesquelles une attention plus particulière est portée aux sols, des points de vue physique et chimique) (Isabell R.F., Beckwith R. S.

III. — *Place de l'amélioration des plantes* dans le programme de recherches. S'agissant d'un pays neuf, l'accent est mis sur l'introduction de nouveau materiel végétal (principes, types de plantes recherchés). Au point de vue génétique et sélection (Hutton E. M.), la plupart des efforts sont centrés sur les légumineuses fourragères (y compris la recherche de luzernes à racines traçantes).

IV. — *Amélioration de la production végétale :* elle est envisagée sous trois aspects : nutrition minérale (problèmes des carences et des toxicités, Andrew C. S.), bactériologie des légumineuses (c'est là un des chapitres les plus intéressants, très détaillé, Norris D. O.), physiologie (descriptiou des installations utilisées : serre, contrôle des conditions de milieu, Gates C. T.).

V. — *Amélioration et appréciation des pâturages* (Bryan W. W.). C'est dans cette partie que sont évoquées les relations plante-animal, d'où un chapitre sur la valeur nutritive des plantes fourragères (de rédaction très classique, Milford R.) et un autre, plus original, sur la recherche des substances toxiques d'origine végétale, surtout chez les légumineuses (Hegarty M. P.).

VI. — *Utilisation des méthodes statistiques en recherches fourragères.*

VII. — *Méthodes et techniques :* chaque chapitre traite d'un domaine particulier de recherches et comprend de très nombreux détails pratiques concernant : l'inventaire écologique, l'étude de la nutrition végétale et de la fertilité du sol, (Andrew C. S. et Fergus I. F.), l'expérimentation sur les *Rhizobium* (Norris D. O.), les unités de contrôle du milieu (Gates C. T.), l'utilisation des animaux (Bryan W. W.) les méthodes d'analyse chimique (Beckwith R. S., Hegarty M. P.).

Le livre se termine par quelques annexes (listes des noms de plantes, unités non-métriques utilisées, avec notamment une définition du « link », unité de longueur spéciale anx Australiens et valent 20 cm, firmes constructrices d'équipements spécialisés).

Bien que ce travail soit surtout consacré à l'amélioration des pâturages, il présente également un grand intérêt pour les spécialistes de la bactériologie des légumineuses et ceux de la nutrition minérale des végétaux.

P. J.

Ann. Amélior. Plantes, **14** (4), 1964, 453-454.

TABLE DES MATIÈRES DE L'ANNÉE 1964

A. BERBIGIER. — Étude d'un croisement diallèle chez l'Orge 245
C. CLAVIER. — Le potentiel de la Luzerne *Provence* 271
G. du CRÉHU. — La biologie florale du Chou fourrager ; ses conséquences pour la sélection. I. Biologie florale 5
G. du CRÉHU. — La biologie florale du Chou fourrager ; ses conséquences pour la sélection. II. Les méthodes de sélection 157
L. DEGRAS. — Analyse du rendement et sélection pour la productivité. Recherches chez l'Avoine de printemps. I. Conceptions et méthodes dans la sélection pour la productivité chez les céréales autogames 261
L. DEGRAS. — Analyse du rendement et sélection pour la productivité. Recherches chez l'Avoine de printemps. II. Analyse morphologique du rendement 353
Y. DEMARLY, P. GUY, M. T. CHESNEAUX. — Analyses préliminaires de la compétition chez les Luzernes 131
J. EPHRAT. — Amélioration de la résistance aux rouilles du Blé en Israël 57
S. ESSAD. — Étude comparative des hybrides réciproques et de leur descendance *Lolium perenne* L. *Festuca pratensis* HUDS 295
L. HÉDIN, E. DUVAL. — Sur quelques caractéristiques chimiques des espèces et variétés de graminées fourragères 333
P. HUGLIN, B. JULLIARD. — Sur l'obtention de semis de vignes très vigoureux à mise à fruits rapide et ses répercussions sur l'amélioration génétique de la Vigne 229
P. GUY. — Compte rendu d'une expérience préliminaire sur la croissance et le développement des Luzernes 383
P. JONARD. — Étude comparative de la croissance de deux variétés de Blé tendre 101
G. SOLIGNAT — Aptitude fruitière et aptitude forestière des clones de Châtaignier 67
A. VINCENT, C. GOUJON. — Résistance au froid chez le Blé. I. Association entre vernalisation et résistance par endurcissement 39

Notes techniques

A. BERBIGIER, J. CHÉRY, R. de LARAMBERGUE — Étude de la résistance à différents parasites d'une collection de variétés d'Orge 419
P. BERTHELEM — Quelques observations sur l'association Ray-Grass d'Italie-Trèfle incarnat 207
M. GILLET. — Un nouveau critère de distinction spécifique sur graines entre *Festuca pratensis* HUDS et *Festuca arundinacea* SCHREB 203
M. GILLET, D TINCHANT — Note sur un aspect de la morphologie de quelques graminées 509

J. JADAS-HÉCART, M GILLET — Note sur la tétraploïdie de quelques populations de *Festuca arundinacea* SCHREB 317

P. PÉCAUT, H. LATERROT, J. O. BROSSIER — Description de nouvelles variétés de Tomate sélectionnées à la Station d'Amélioration des plantes maraîchères 87

E. POCHARD. — Modifications de la croissance et du développement de l'Artichaut provoquées par la gibbérelline 219

Informations

Y. CAUDERON. — Deuxième symposium international sur la génétique du Blé 319

Compte rendu 427

Catalogue des espèces fruitières — Variétés autorisées à être commercialisées en France 449

Chronique des livres 97

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs,* précédé des initiales ; du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de ... ; — *le nom de l'établissement* dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *sommaire :* résumé suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction,* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé,* en donnant sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats,* à présenter de la manière la plus brève possible ; c) *discussion et conclusion ;* f) *résumé* destiné à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour la collaboration, les fonds, les dons... ; h) *références bibliographiques.*

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très *complet* placé en tête de l'article. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues, rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de : et *al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses, de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la World-List of Scientific Periodicals, sur le Bulletin Signalétique du C. N. R. S. ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sauf abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in » le titre de l'ouvrage.

La mention « communications personnelles » ou « données non publiées », etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d' « Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur une feuille séparée, et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés *à l'état de projets,* leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* × 0,5, *soit* × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des Annales est : 16 × 24 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12, 4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparés et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront deux épreuves à corriger. Les corrections « d'auteur » ne sont autorisées que sur le premier jeu d'épreuves.

Envoi du manuscrit : M. CHAMINADE, Centre national de Recherches agronomiques, Versailles (Seine-et-Oise) France. On demande deux exemplaires.

Le Directeur-Gérant : M. L. CAGNAC

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 12-1964

Dépôt légal : 4e trimestre 1964. *N° d'impression : 998.*